



**SKRIPSI – ME 141501**

**ANALISA PENGARUH POSISI SINYAL  
TERHADAP SUDUT DATANG ARAH ANGIN  
PADA GENERATOR *WIND BELT* TERHADAP  
PERFORMA DAYA *OUTPUT***

**ZAENAL ABIDIN**

**NRP 4209 100 102**

**Dosen Pembimbing :**

**Ir. Sardono Sarwito, M.Sc.**

**Dr. Eddy Setyo K., ST., M.Sc.**

**JURUSAN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN**

**Fakultas Teknologi Kelautan**

**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

**Surabaya 2016**



**SKRIPSI – ME-141501**

**ANALISA PENGARUH POSISI SINYAL  
TERHADAP SUDUT DATANG ARAH ANGIN  
PADA GENERATOR *WIND BELT* TERHADAP  
PERFORMA DAYA *OUTPUT***

ZAENAL ABIDIN  
NRP 4209 100 102

Dosen Pembimbing  
Ir. Sardono Sarwito, M.Sc.  
Dr. Eddy Setyo K., ST., M.Sc.

JURUSAN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2016



**FINAL PROJECT – ME-141501**

**ANALYSYS OF SIGNAL POSITION EFFECT TO  
THE INCIDENCE ANGLE OF WIND DIRECTION  
ON THE WIND BELT GENERATOR TOWARD  
THE OUTPUT POWER**

ZAENAL ABIDIN  
NRP 4209 100 102

Supervisor  
Ir. Sardono Sarwito, M.Sc.  
Dr. Eddy Setyo K., ST., M.Sc.

DEPARTMENT OF MARINE ENGINEERING  
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY  
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
SURABAYA 2016

## **LEMBAR PENGESAHAN**

### **ANALISA PENGARUH POSISI SINYAL TERHADAP SUDUT DATANG ARAH ANGIN PADA GENERATOR WIND BELT TERHADAP PERFORMA DAYA OUTPUT**

#### **SKRIPSI**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat

Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

pada

Bidang Studi *Marine Electrical and Automation System*  
(MEAS)

Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**ZAENAL ABIDIN**

NRP. 4209 100 102

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

1. Ir. Sardono Sarwito, M.Sc.  
( NIP. 1960 0319 1987 01 1001 )
2. Dr. Eddy Setyo K., ST., M.Sc.  
( NIP. 1968 0701 1995 12 1001 )



## **LEMBAR PENGESAHAN**

### **ANALISA PENGARUH POSISI SINYAL TERHADAP SUDUT DATANG ARAH ANGIN PADA GENERATOR WIND BELT TERHADAP PERFORMA DAYA OUTPUT**

#### **SKRIPSI**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat

Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

pada

Bidang Studi *Marine Electrical and Automation System*  
(MEAS)

Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**ZAENAL ABIDIN**

NRP. 4209 100 102

Disetujui oleh Ketua Jurusan Teknik Sistem Perkapalan :



Dr. Eng. M. Badrus Zaman, ST., MT.

NIP. 1977 0802 2008 01 1007

# **ANALISA PENGARUH POSISI SINYAL TERHADAP SUDUT DATANG ARAH ANGIN PADA GENERATOR WIND BELT TERHADAP PERFORMA DAYA OUTPUT**

**Nama Mahasiswa** : Zaenal Abidin  
**NRP** : 4209 100 102  
**Jurusan** : Teknik Sistem Perkapalan  
**Dosen Pembimbing** : Ir. Sardono Sarwito, M.Sc.  
Dr. Eddy Setyo K., ST., M.Sc.

## **ABSTRAK**

*Windbelt* merupakan salah satu alat konversi energi angin menjadi listrik selain turbin dan kincir angin. Dibandingkan dengan turbin dan kincir angin *windbelt* sangat murah dan tidak memerlukan area yang luas dalam instalasinya. Serta tidak menimbulkan kebisingan seperti turbin dan kincir angin. Terobosan desain alat konversi energi angin ini masih terbilang baru, sehingga perlu untuk dikembangkan dan diadakan penelitian lebih lanjut untuk mendapatkan efisiensi yang tinggi. Karena dibandingkan dengan turbin dan kincir angin, *windbelt* memiliki efisiensi yang sangat kecil sehingga hanya digunakan untuk pembangkit skala kecil. Maka dalam penulisan tugas akhir ini akan dibahas mengenai kajian yang fokus pada analisa pengaruh posisi *windbelt* terhadap sudut datang arah angin dengan melakukan percobaan variasi sudut datang arah angin dari posisi 0° sampai 90° dengan beda 5°. Dalam percobaannya digunakan sebuah *blower* yang berkecepatan angin rata-rata 10,3 m/s. Dari percobaan ini didapatkan sudut terbaik pada 75° dengan hasil tegangan dan arus rata-rata sebesar 2,9 volt dan 0,05 A.

Kata kunci : *Windbelt, Sudut datang Arah Angin, Daya Output*

# **ANALYSYS OF SIGNAL POSITION EFFECT TO THE INCIDENCE ANGLE OF WIND DIRECTION ON THE WIND BELT GENERATOR TOWARD THE OUTPUT POWER**

**Name** : Zaenal Abidin  
**NRP** : 4209 100 102  
**Department** : Marine Engineering  
**Advisor** : Ir. Sardono Sarwito, M.Sc.  
Dr. Eddy Setyo K., ST., M.Sc.

## **ABSTRACT**

Windbelt is the one of means of wind energy conversion into electricity in addition to the turbines and windmills. Compared with turbines and windmills windbelt very cheap and does not require a large area in the installation. and it does not cause noise such as turbines and windmills. The breakthrough design of wind energy conversion device is still fairly new, so it needs to be developed and conducted further research to obtain high efficiency. Because compared with turbines and windmills, Windbelt have less efficiency so that only used for small-scale plants. So in this thesis will discuss the study that focused on the analysis of the influence of the position of windbelt toward the angle of wind incidence by doing experiment with the wind direction angle variation coming downwind of positions  $0^{\circ}$  up to  $90^{\circ}$  with  $5^{\circ}$  differences. In the experiments, used a blower with an average wind speed of  $10.3 \text{ m/s}$ . From these experiments obtained the best angle at  $75^{\circ}$  with voltage and current results of an average of 2.9 volts and 0.05 A.

*Key word: windbelt, angle incidence of wind, Power Output*

## KATA PENGANTAR

Dengan ini saya panjatkan puji syukur alhamdulillah kehadirat Allah SWT, karena atas segala rahmat dan pertolongan-Nya penulis diijinkan dan dapat menyelesaikan Skripsi dengan judul “Analisa Pengaruh Posisi Sinyal Terhadap Sudut Datang Arah Angin Pada Generator *Wind Belt* Terhadap Performa Daya *Output*”. Laporan ini disusun untuk memenuhi matakuliah Skripsi Jurusan Teknik Sistem Perkapalan.

Skripsi ini membahas mengenai pengaruh semakin lebar diameter dan penambahan airfoil pada turbin terhadap daya yang di hasilkan turbin angin tersebut.

Dalam proses penyusunan dan pengerjaan Skripsi ini, penulis banyak mendapatkan bantuan dan dukungan moral yang sangat berarti dari berbagai pihak, sehingga penulis mengucapkan terima kasih khususnya kepada :

1. Bapak Dr. Eng. M. Badrus Zaman, ST., MT. selaku Ketua Jurusan Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknologi Kelautan ITS Surabaya
2. Bapak Indra Ranu Kusuma, ST., MT. selaku ketua program studi Sarjana S1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknologi Kelautan ITS Surabaya
3. Bapak Ir. Sardono Sarwito M.Sc dan Dr. Eddy Setyo K., ST., M.Sc. selaku dosen pembimbing I dan II yang telah memberikan banyak masukan dan ilmu bagi penulis. Serta dukungan moril dalam penyelesaian skripsi ini.
4. Bapak dan Ibu tercinta beserta keluarga di rumah yang selalu memberikan doa dan kasih sayang selama menempuh kuliah. Dan bekerja keras siang dan malam untuk membiayai kuliah.



5. Saudara – saudara saya di rumah yang selalu memberikan dukungan dan semangat.
6. Teman-teman TAMENG'09 yang selalu memberikan semangat.
7. Adik-Adik Angkatan 2010 ,2011 dan 2012 yang selalu memberikan semangat.
8. Serta bagi pihak lain, teman-teman dan sahabat-sahabatku yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa penulisan Skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, dan di butuhkan kritik saran yang membangun bagi penulis. Akhirnya penulis berharap semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Surabaya, 29 Juli 2016

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL 1.....</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN JUDUL 2.....</b>	<b>iii</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN.....</b>	<b>v</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN.....</b>	<b>vii</b>
<b>ABSTRAK.....</b>	<b>ix</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xi</b>
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xix</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xx</b>
<b>DAFTAR GRAFIK .....</b>	<b>xxi</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Latar Belakang .....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 Perumusan Masalah .....</b>	<b>2</b>
<b>1.3 Batasan Masalah.....</b>	<b>2</b>
<b>1.4 Tujuan Penulisan Skripsi.....</b>	<b>3</b>
<b>1.5 Manfaat .....</b>	<b>3</b>
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>5</b>
<b>2.2.1 Tinjauan Pustaka.....</b>	<b>5</b>
<b>2.2.2 Dasar Teori.....</b>	<b>5</b>
<b>2.2.1 Angin.....</b>	<b>5</b>

2.2.2	Energi Angin .....	10
2.2.3	Konversi Energi .....	12
2.2.4	Windbelt .....	15
<b>BAB III METODOLOGI .....</b>		<b>23</b>
3.1.	Metodologi Penelitian.....	23
3.1.1.	Identifikasi Masalah .....	23
3.1.2.	Studi Literatur .....	23
3.1.3.	Pengumpulan Data .....	23
3.1.4.	Pembuatan Alat.....	24
3.1.5.	Percobaan Alat.....	24
3.1.6.	Analisa Data dan Pembahasan .....	25
3.1.7.	Kesimpulan dan Saran .....	25
3.2.	Diagram Alir .....	26
<b>BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN .....</b>		<b>27</b>
4.1	Umum .....	27
4.2	Pembuatan Prototype Generator <i>Windbelt</i> .....	29
4.2.1.	Dimensi Desain Generator <i>Windbelt</i> .....	29
4.2.2.	Pembuatan Prototype Generator <i>Windbelt</i> ...	31
4.3	Percobaan Prototype dan Pengambilan data.....	33
4.3.1.	Percobaan <i>Wind Belt</i> pada posisi sudut 90° ...	35
4.3.2.	Percobaan <i>Wind Belt</i> pada Posisi Sudut 85° ..	37
4.3.3.	Percobaan <i>Wind Belt</i> pada Posisi Sudut 80° ..	39
4.3.4.	Percobaan <i>Wind Belt</i> pada Posisi Sudut 75° ..	41

4.3.5.	Percobaan <i>Wind Belt</i> pada Posisi Sudut 70° ..	43
4.3.6.	Percobaan <i>Wind Belt</i> pada Posisi Sudut 65° ..	45
4.3.7.	Percobaan <i>Wind Belt</i> pada Posisi Sudut 60° ..	47
4.3.8.	Percobaan <i>Wind Belt</i> pada Posisi Sudut 55° ..	49
4.3.9.	Percobaan <i>Wind Belt</i> pada Posisi Sudut 50° ..	51
4.3.10.	Percobaan <i>Wind Belt</i> pada Posisi Sudut 45° ..	53
4.3.11.	Percobaan <i>Wind Belt</i> pada Posisi Sudut 40° ..	55
4.3.12.	Percobaan <i>Wind Belt</i> pada Posisi Sudut 35° ..	57
4.3.13.	Percobaan <i>Wind Belt</i> pada Posisi Sudut 30° ..	59
4.3.14.	Percobaan <i>Wind Belt</i> pada Posisi Sudut 25° ..	61
4.3.15.	Percobaan <i>Wind Belt</i> pada Posisi Sudut 20° ..	63
4.3.16.	Percobaan <i>Wind Belt</i> pada Posisi Sudut 15° ..	65
4.3.17.	Percobaan <i>Wind Belt</i> pada Posisi Sudut 10° ..	67
4.3.18.	Percobaan <i>Wind Belt</i> pada Posisi Sudut 5° ....	69
4.3.19.	Percobaan <i>Wind Belt</i> pada Posisi Sudut 0° ....	71
4.3.20.	Perbandingan Antara Sudut Arah Datang Angin Terhadap Tegangan dan Arus yang Dihasilkan <i>wind belt</i> .....	73
4.4	Perhitungan Daya <i>Wind Belt</i> .....	76
4.5	Perhitungan Daya Angin .....	77
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....		79
5.1.	Kesimpulan .....	79
5.2.	Saran.....	79
DAFTAR PUSTAKA .....		81

**LAMPIRAN.....73**

## **DAFTAR GAMBAR**

Gambar 2. 1 Skema terjadinya angin .....	7
Gambar 2. 2 spektrum angin berdasarkan usaha dari van Hoven (Reproduced from T. Burton, D. Sharpe N. Jenkins and E. Bossanyi, 2001, Win Energi Handbook, dd izin dari John Wiley & Sons, Ltd) .....	8
Gambar 2. 3 Udara Bergerak dengan kecepatan $v$ menerpa baling-baling turbin .....	11
Gambar 2. 4. Diagram konversi energy .....	13
Gambar 2. 5 Wind Belt.....	15
Gambar 2. 6 . Wind belt tipe humdinger buatan Shawn Frayn .....	16
Gambar 2. 7 Kibaran pada wind belt saat teterpa angin .....	18
Gambar 2. 8 Design Wind belt.....	20
Gambar 2. 9 kumparan wind belt .....	21
Gambar 2. 10 bagian – bagian wind belt.....	21
 Gambar 3. 1 Alur Pengerjaan Tugas Akhir .....	 26
 Gambar 4. 1 Pengukuran Kecepatan Angin dengan Anemometer .....	 28
Gambar 4. 2 Dimensi Frame dan Belt Windbelt .....	29
Gambar 4. 3 Perancangan Letak Koil dan Magnet Generator Windbelt .....	30
Gambar 4. 4 Dimensi Magnet dan Koil.....	30
Gambar 4. 5 frame atau casing windbelt yang telah dirakit ..	31
Gambar 4. 6 Busur derajat.....	32
Gambar 4. 7. pemasangan magnet, pita (belt) dan busur derajat .....	32
Gambar 4. 8 perakitan windbelt dengan beban LED .....	33

Gambar 4. 9 Pemasangan tunnel angin dan windbelt untuk proses percobaan .....	34
---	----

## **DAFTAR TABEL**

Tabel 4. 1 Kecepatan Angin .....	28
Tabel 4. 2 perbandingan sudut datang arah angin dengan tegangan dan arus yang dihasilkan .....	73

## DAFTAR GRAFIK

Grafik 4. 1 Tegangan yang dihasilkan pada percobaan posisi sudut 90 derajat terhadap arah angin.....	35
Grafik 4. 2 Arus yang dihasilkan pada percobaan posisi sudut 90 derajat terhadap arah angin.....	36
Grafik 4. 3 Tegangan yang dihasilkan pada percobaan posisi sudut 85 derajat terhadap arah angin.....	37
Grafik 4. 4 Arus yang dihasilkan pada percobaan posisi sudut 85 derajat terhadap arah angin.....	38
Grafik 4. 5 Tegangan yang dihasilkan pada percobaan posisi sudut 80 derajat terhadap arah angin.....	39
Grafik 4. 6 Arus yang dihasilkan pada percobaan posisi sudut 80 derajat terhadap arah angin.....	40
Grafik 4. 7 Tegangan yang dihasilkan pada percobaan posisi sudut 75 derajat terhadap arah angin.....	41
Grafik 4. 8 Arus yang dihasilkan pada percobaan posisi sudut 75 derajat terhadap arah angin.....	42
Grafik 4. 9 Tegangan yang dihasilkan pada percobaan posisi sudut 70 derajat terhadap arah angin.....	43
Grafik 4. 10 Arus yang dihasilkan pada percobaan posisi sudut 70 derajat terhadap arah angin.....	44
Grafik 4. 11 Tegangan yang dihasilkan pada percobaan posisi sudut 65 derajat terhadap arah angin.....	45
Grafik 4. 12 Arus yang dihasilkan pada percobaan posisi sudut 65 derajat terhadap arah angin.....	46
Grafik 4. 13 Tegangan yang dihasilkan pada percobaan posisi sudut 60 derajat terhadap arah angin.....	47
Grafik 4. 14 Arus yang dihasilkan pada percobaan posisi sudut 60 derajat terhadap arah angin.....	48
Grafik 4. 15 Tegangan yang dihasilkan pada percobaan posisi sudut 55 derajat terhadap arah angin.....	49



Grafik 4. 16 Arus yang dihasilkan pada percobaan posisi sudut 55 derajat terhadap arah angin.....	50
Grafik 4. 17 Tegangan yang dihasilkan pada percobaan posisi sudut 50 derajat terhadap arah angin.....	51
Grafik 4. 18 Arus yang dihasilkan pada percobaan posisi sudut 50 derajat terhadap arah angin.....	52
Grafik 4. 19 tegangan yang dihasilkan pada percobaan posisi sudut 45 derajat terhadap arah angin.....	53
Grafik 4. 20 Arus yang dihasilkan pada percobaan posisi sudut 45 derajat terhadap arah angin.....	54
Grafik 4. 21 Tegangan yang dihasilkan pada percobaan posisi sudut 40 derajat terhadap arah angin.....	55
Grafik 4. 22 Arus yang dihasilkan pada percobaan posisi sudut 40 derajat terhadap arah angin.....	56
Grafik 4. 23 Tegangan yang dihasilkan pada percobaan posisi sudut 35 derajat terhadap arah angin.....	57
Grafik 4. 24 Arus yang dihasilkan pada percobaan posisi sudut 35 derajat terhadap arah angin.....	58
Grafik 4. 25 Tegangan yang dihasilkan pada percobaan posisi sudut 30 derajat terhadap arah angin.....	59
Grafik 4. 26 Arus yang dihasilkan pada percobaan posisi sudut 30 derajat terhadap arah angin.....	60
Grafik 4. 27 Tegangan yang dihasilkan pada percobaan posisi sudut 25 derajat terhadap arah angin.....	61
Grafik 4. 28 Arus yang dihasilkan pada percobaan posisi sudut 25 derajat terhadap arah angin.....	62
Grafik 4. 29 Tegangan yang dihasilkan pada percobaan posisi sudut 20 derajat terhadap arah angin.....	63
Grafik 4. 30 Arus yang dihasilkan pada percobaan posisi sudut 20 derajat terhadap arah angin.....	64
Grafik 4. 31 Tegangan yang dihasilkan pada percobaan posisi sudut 15 derajat terhadap arah angin.....	65

Grafik 4. 32 Arus yang dihasilkan pada percobaan posisi sudut 15 derajat terhadap arah angin.....	66
Grafik 4. 33 Tegangan yang dihasilkan pada percobaan posisi sudut 10 derajat terhadap arah angin.....	67
Grafik 4. 34 Arus yang dihasilkan pada percobaan posisi sudut 10 derajat terhadap arah angin.....	68
Grafik 4. 35 Tegangan yang dihasilkan pada percobaan posisi sudut 5 derajat terhadap arah angin.....	69
Grafik 4. 36 Arus yang dihasilkan pada percobaan posisi sudut 5 derajat terhadap arah angin.....	70
Grafik 4. 37 Tegangan yang dihasilkan pada percobaan posisi sudut 0 derajat terhadap arah angin.....	71
Grafik 4. 38 Arus yang dihasilkan pada percobaan posisi sudut 0 derajat terhadap arah angin.....	72
Grafik 4. 39 perbandingan antara sudut datang arah angin dengan tegangan yang dihasilkan wind belt.....	74
Grafik 4. 40 perbandingan antara sudut datang arah angin dengan arus yang dihasilkan wind belt.....	75
Grafik 4. 41 perbandingan antara sudut datang arah angin dengan power output yang dihasilkan wind belt .....	76

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Dewasa ini banyak dilakukan penelitian mengenai energi alternatif yang terbarukan dan juga ramah lingkungan. Sumber energi tersebut berasal dari panas bumi, sinar matahari, angin, air dan sebagainya. Teknologi ini timbul karena adanya kecemasan terhadap energi fosil yang diprediksi akan habis di masa mendatang. Disamping itu juga energi fosil menyumbangkan polusi udara terbesar yang berakibat pada pemanasan global.

Upaya untuk mengubah energi alternatif ini membutuhkan alat konversi. Alat konversi merupakan sebuah alat yang digunakan untuk mengubah energi dari bentuk satu kedalam bentuk yang lain. Alat konversi memiliki bentuk yang berbeda-beda bergantung pada bentuk energi yang akan dikonversi. Untuk konversi energi radiasi matahari menjadi listrik dibutuhkan panel surya, energi potensial air diubah menjadi listrik dengan menggunakan turbin air dan turbin angin untuk mengkonversikan energi kinetik angin menjadi listrik. Sebagian besar energi yang dikonversikan diubah kedalam energi listrik, karena mudah untuk diubah kedalam bentuk energi lain dan juga dapat disimpan.

Dalam mendesain alat konversi energi terdapat banyak model yang telah ditemukan, terutama untuk konversi energi angin, diantaranya adalah kincir angin, turbin angin, dan *windbelt generator* yang baru-baru ini telah ditemukan. Generator *windbelt* merupakan terobosan desain alat konversi yang terbaru, alat ini ditemukan oleh Shawn Frayn, seorang lulusan dari MIT. Generator *windbelt*

dinyatakan lebih efisien hingga 30 kali dibandingkan turbin angin berukuran kecil (wikipedia).

Untuk penelitian terhadap alat ini, belum banyak orang yang melakukan. Sehingga perlu diadakannya studi penelitian untuk lebih lanjut. Oleh karena itu, munculah ide untuk membuat analisa posisi *windbelt* terhadap sudut datang arah angin terhadap kinerja dari generator *windbelt* dalam menghasilkan energi listrik.

## 1.2 Perumusan Masalah

Analisa ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh posisi sudut datang arah angin pada generator *windbelt* dalam mendapatkan kinerja maksimal generator *windbelt* untuk menghasilkan energi listrik.

Permasalahan – permasalahan yang akan dijawab dalam analisa ini adalah:

1. Bagaimanakah proses perancangan generator *windbelt* ?
2. Bagaimanakah pengaruh posisi sudut datang arah angin terhadap kinerja generator *windbelt* ?
3. Bagaimanakah perbandingan daya listrik yang dihasilkan pada posisi sudut datang arah angin yang berbeda ?

## 1.3 Batasan Masalah

Dalam pengerjaan skripsi ini juga diperlukan pembatasan masalah untuk memfokuskan bahasan dalam skripsi ini. Batasan masalah skripsi ini adalah sebagai berikut:

1. Tidak melakukan analisa ekonomi
2. Kecepatan angin yang digunakan adalah konstan
3. Jarak *windbelt* dari sumber angin adalah 110 cm

4. Sumber angin berasal dari *blower* yang dinyalakan dari dalam sebuah ruangan.
5. Pita yang dipakai adalah poliester film dengan tebal 0,2 mm, lebar 20 mm.
6. Magnet yang digunakan adalah neodymium berukuran d20 x 15 (mm).

#### **1.4 Tujuan Penulisan Skripsi**

Tujuan dari penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui pemasangan posisi generator *windbelt* yang tepat agar dapat bekerja secara maksimal
2. Mengetahui kinerja generator *windbelt* pada posisi generator dan sudut datang arah angin yang berbeda

#### **1.5 Manfaat**

Manfaat yang dapat diberikan dari penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut :

1. Memberikan informasi tentang bagaimana pemasangan *windbelt* untuk mendapatkan daya maksimal dengan perancangan alat sesuai dengan model dalam skripsi ini.
2. Untuk bahan pertimbangan dalam instalasi *windbelt*
3. Sebagai bahan referensi untuk penelitian *windbelt* selanjutnya

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.2.1 Tinjauan Pustaka**

*Windbelt* tidak memiliki gigi dan bantalan, sehingga membuatnya lebih efisien daripada turbin angin kecil yang melawan gesekan. Hal ini membuat *windbelt* dapat dipilih untuk aplikasi skala kecil. Karena kibaran aeroelastik alami, *windbelt* dapat disetel untuk mengoptimalkan *ouput*-nya pada kecepatan angin yang berbeda dan secara teori tidak bergantung pada kecepatan angin yang tinggi. *Windbelt* sangat murah untuk diproduksi, sehingga tepat untuk diaplikasikan di wilayah pedesaan. (Balaguru,2013)

#### **2.2.2 Dasar Teori**

##### **2.2.1 Angin**

Angin merupakan udara yang bergerak dari daerah yang bertekanan tinggi ke daerah yang bertekanan rendah. Perbedaan tekanan disebabkan oleh adanya perbedaan distribusi radiasi sinar matahari di suatu daerah, atau dengan kata lain angin terjadi bila terdapat pemanasan permukaan bumi yang tidak sama oleh matahari.[3]

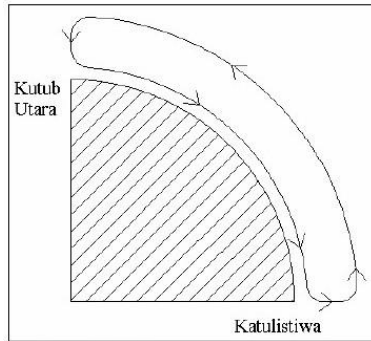
Gerakan massa udara bisa menjadi fenomena global ( dengan kata lain aliran jet ) maupun fenomena regional dan setempat. Fenomena regional ditentukan oleh kondisi orografis ( misalnya struktur permukaan wilayah ) maupun oleh fenomena global.[5]

Di daerah pantai misalnya, pada siang hari udara di atas permukaan laut relatif lebih dingin daripada di atas daratan. Penguapan dan absorpsi

matahari di daratan kurang sehingga udara di daratan lebih panas. Dengan demikian udara di daratan mengembang menjadi ringan sehingga naik keatas. Udara dingin yang lebih berat turun mengisi kekurangan udara di daratan, maka terjadilah aliran udara yang disebut angin laut, dimana angin mengalir dari laut ke daratan. Dan di malam terjadi peristiwa kebalikannya, angin mengalir dari daratan ke tengah lautan.[3]

Pada fenomena global, di daerah katulistiwa yang panas membuat udara menjadi panas, mengembang dan menjadi ringan, naik keatas dan bergerak ke daerah yang lebih dingin misalnya daerah kutub. Sebaliknya di daerah kutub yang dingin membuat udara menjadi dingin dan turun kebawah. Dengan demikian terjadi perputaran udara, berupa perpindahan udara dari kutub utara ke garis katulistiwa menyusuri permukaan bumi. Dan sebaliknya, suatu perpindahan udara dari garis katulistiwa kembali ke kutub utara, melalui lapisan udara lebih tinggi. Perpindahan ini disebut angin pasat.

Gambar 2.1 menggambarkan terjadinya angin pasat secara skematik. Pada prinsipnya bahwa angin terjadi karena perbedaan suhu udara di beberapa tempat di muka bumi. Selain angin pasat terdapat angin-angin lokal lain seperti angin laut, angin darat, angin muson dan angin – angin lokal lainnya.[4]



*Gambar 2. 1 Skema terjadinya angin  
(Sumber : Ihda,2008)*

Menurut hukum fisika klasik energi kinetik dari sebuah benda dengan massa  $m$  dan kecepatan  $v$  adalah  $E = \frac{1}{2} mv^2$ , dengan ketentuan, kecepatan  $v$  tidak mendekati kecepatan cahaya, rumus itu juga berlaku untuk angin yang merupakan udara bergerak.[4]

Angin merupakan gerakan udara terhadap permukaan bumi. Udara yang bergerak memiliki kecepatan yang dinamakan “kecepatan angin”. Dalam sistem konversi energi angin, kecepatan angin merupakan salah satu faktor yang paling banyak berpengaruh. Namun tak mungkin untuk mengukur kecepatan angin tiap detik dan mencatatnya, maka digunakan rata – rata ( jumlah dari hasil pengamatan dibagi oleh jumlah pengamatan).[3] Untuk menghitung kecepatan rata – rata angin digunakan persamaan :

$$V = \sum_{i=1}^N \frac{v_i}{N} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana :

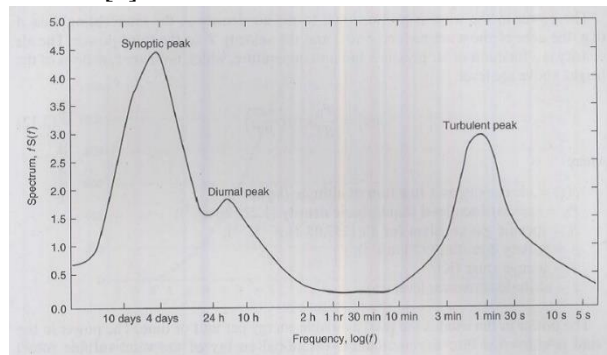


$V_i$  = Nilai angin sesaat (m/s)

$N$  = Banyaknya pengamatan

$V$  = Kecepatan angin rata-rata (m/s)

Kecepatan angin berubah secara terus menerus sebagai fungsi waktu dan ketinggian. Perbedaan angin per waktu ditunjukkan pada gambar 2.2 sebagai spektrum frekuensi angin. *Turbulent peak* disebabkan terutama oleh hembusan yang keras dalam setengah detik ke tingkat menit. *Diurnal peak* bergantung pada perbedaan kecepatan angin harian (misalnya angin laut – darat disebabkan oleh perbedaan suhu di darat dan laut) dan *synoptic peak* bergantung pada perubahan pola cuaca, yang khususnya berubah harian ke mingguan namun juga termasuk siklus musiman.[5]



Gambar 2. 2 spektrum angin berdasarkan usaha dari van Hoven (Reproduced from T. Burton, D. Sharpe N. Jenkins and E. Bossanyi, 2001, *Win Energi Handbook*, dd izin dari John Wiley & Sons, Ltd)

Dari perspektif sistem tenaga, *turbulent peak* dapat mempengaruhi kualitas daya dari produksi

tenaga angin. *Diurnal peak* dan *synoptic peak* dapat mempengaruhi keseimbangan jangka panjang dari sistem tenaga. Kecepatan angin diperkirakan memiliki peranan yang penting untuk keseimbangan jangka panjang dari sistem tenaga.

Besarnya kecepatan angin dikelompokkan menurut skala beaufort. Nilai dari skala beaufort dapat dilihat dalam tabel dibawah ini.[3]

*Tabel 2. 1 Nilai Skala Beaufort*

Skala Beaufort	Kecepatan Angin (m/s)	Kekuatan Angin
1	4	angin lemah
2	7	angin sedang
3	9	angin kuat
4	11	angin sangat kuat
5	14	angin ribut
6	16	angin ribut
7	19	badai
8	23	badai
9	28	badai kuat
10	33	badai kuat
11	38	topan
12	43	topan

Gradien kecepatan angin terhadap ketinggian akan banyak dipengaruhi oleh pohon – pohon, bangunan gedung ataupun tanah datar yang luas. Daerah yang banyak memiliki pohon – pohon yang tinggi aliran udaranya akan terhalang. Sedangkan pada daerah tanah datar yang kosong atau daerah diatas permukaan air ( laut / danau ), pada ketinggian yang sama akan memiliki presentasi kecepatan

maksimum yang dapat diraih lebih besar dibandingkan dengan daerah yang banyak memiliki rintangan. Jadi, ketinggian dan faktor halangan ini akan sangat menentukan besarnya kecepatan angin yang terjadi. [1]

Selain kecepatan, angin yang bertiup juga memiliki tekanan. Apabila angin bertiup dan mengenai bangunan, tekanan statik akan terbentuk di bagian dinding luar dan ditentukan oleh arah angin. Penyebaran tekanan angin dipengaruhi beberapa faktor, yaitu: 1) bentuk bangunan, 2) kecepatan angin dan arah angin, dan 3) lokasi dan lingkungan. Tekanan permukaan positif terdapat dibagian angin datang dan negatif dibagian belakang angin. Walau bagaimanapun, tekanan pada sisi angin datang bisa negatif atau positif bergantung kepada arah angin dan bentuk bangunan. [1]

### **2.2.2 Energi Angin**

Kebanyakan energi angin modern diubah dalam bentuk listrik dengan mengubah rotasi dari pisau turbin menjadi arus listrik dengan menggunakan generator listrik. Pada kincir angin energi angin digunakan untuk memutar peralatan mekanik untuk melakukan kerja fisik, seperti menggiling atau memompa air. Energi angin banyak jumlahnya, tidak habis-habis, tersebar luas dan bersih.

Energi angin dapat dipergunakan untuk memenuhi kebutuhan energi dalam kehidupan sehari-hari baik yang sudah diubah menjadi listrik maupun yang belum. Energi yang tersedia pada angin adalah dalam bentuk energi kinetik. Energi kinetik tersebut

ditangkap oleh baling – baling (*blade*) pada turbin kemudian diubah menjadi energi mekanik maupun energi elektrik. Energy kinetik dari aliran angin dengan masa  $m$  yang bergerak dengan kecepatan  $v$  adalah:

$$E = \frac{1}{2} m v^2 \dots\dots\dots (2.2)$$

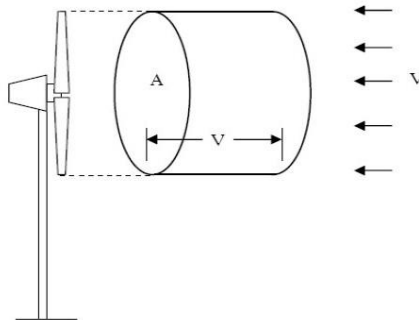
(*koleffler RG, Sitz EL*)

Karena angin yang bergerak mengenai baling-baling turbin yang mempunyai luasan  $A$ , maka energi kinetik dapat dirumuskan kembali menjadi:

$$E = \frac{1}{2} \rho_a v V^2 \dots\dots\dots (2.3)$$

(*koleffler RG, Sitz EL*)

Dimana  $\rho_a$  adalah berat jenis udara dan  $v$  adalah volume udara yang mengenai baling-baling



*Gambar 2. 3 Udara Bergerak dengan kecepatan  $v$  menerpa baling-baling turbin  
(Sumber : Hanin, 2008)*

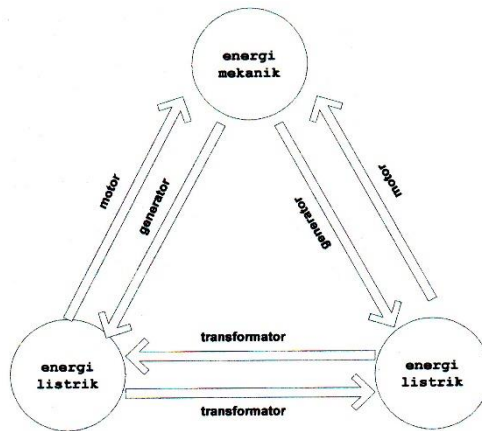
Udara yang berinteraksi dengan baling – baling tiap waktu setimbang dengan luasan baling-baling ( $A_T$ ) sedangkan ketebalan dari baling – baling setimbang dengan kecepatan. Oleh karena itu, energi tiap waktu atau power yang diterima oleh turbin dapat dirumuskan sebagai :

$$E = \frac{1}{2} \rho_a A_T V^3 \dots\dots\dots (2.4)$$

(Hansen AC, Butterfield CP 1993)

### 2.2.3 Konversi Energi

.Melalui media medan magnet, energi mekanik dapat menjadi energi elektrik. Demikian pula sebaliknya, alat yang mengubah energi mekanik menjadi energi listrik disebut generator, sedangkan alat yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik disebut motor. Dengan media megnet juga listrik dapat dipindahkan. Pemindahan ini biasanya disertai dengan perubahan tegangan, arus maupun impedansi, dengan alat yang disebut transformator. Gambar dibawah ini merupakan diagram blok konversi energi.



Gambar 2. 4. Diagram konversi energi  
(Sumber : mulyonoabdullah.wordpress.com)

Sesuai dengan arus listrik yang digunakan ataupun yang dihasilkan, dikenal beberapa mesin listrik sebagai berikut :

- Generator arus bolak – balik (Generator AC)
- Generator arus searah (generator DC)
- Motor arus bolak-balik (Motor AC)
- Motor arus searah (Motor DC)
- Transformator

Hukum yang mendasari konversi energi pada generator, motor maupun transformator adalah hukum faraday. Hukum faraday menyatakan bahwa apabila kawat penghantar bergerak memotong medan magnet, maka pada kawat penghantar dibangkitkan gaya gerak listrik (ggl) atau emf (electromagnetic

force). Gaya gerak listrik ini disebut gaya gerak listrik induksi (ggl induksi).

Berdasarkan hukum faraday, dapat dinyatakan bahwa mesin listrik dapat bekerja apabila dipenuhi adanya :

- Medan magnet
- Kawat penghantar
- Gerakan relatif ( kawat penghantar yang bergerak atau kutub magnet yang bergerak ).

Pada kontruksi sebenarnya, kawat penghantar tidak hanya terdiri dari 1 (satu) batang saja, tetapi terdiri dari banyak kawat penghantar yang dililit pada stator ataupun rotor (untuk generator dan motor) atau dililit pada inti (untuk transformator). Demikian pula kutub magnet, dapat terdiri dari lebih sepasang kutub.

Untuk generator yang besar, kutub magnet dikuatkan dengan lilitan penguat magnet. Hukum faraday dapat juga diterapkan pada motor listrik. Bila kawat penghantar yang terletak di medan magnet dialiri arus, maka kawat penghantar akan ditolak/didorong. Pada motor listrik terdapat kawat penghantar yang jumlahnya banyak dan melingkar pada jangkar, sehingga dorongan pada kawat penghantar akan menyebabkan jangkar berputar.

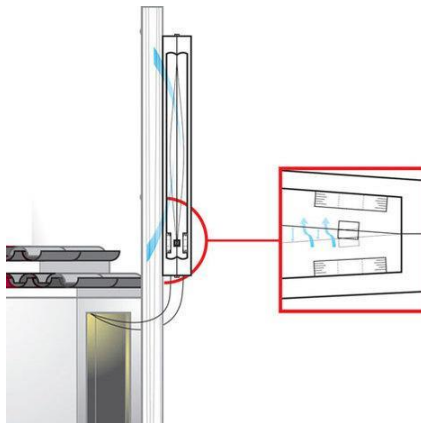
Pada transformator, ada 2 kelompok kumparan kawat yang memiliki satu inti yang tertutup. Kumparan pertama disebut kumparan primer dan kumparan kedua disebut kumparan sekunder. Bila pada kumparan primer mengalir arus bolak-balik, maka pada inti terbangkit garis-garis gaya magnet

yang berbolak-balik pula. Garis-garis gaya magnet yang berbolak balik memotong kumparan sekunder, sehingga pada kumparan sekunder timbul ggl.

## 2.2.4 Windbelt

### 2.2.4.1. Definisi

Windbelt merupakan alat untuk mengubah energy angin menjadi listrik. Windbelt menggunakan efek aeroelastik untuk mengubah energi angin menjadi listrik. Sama seperti yang terlihat pada sebuah pita yang diregangkan, dengan kedua ujungnya diikat pada dua buah tiang, maka pita tersebut akan bergetar ketika angin menerpanya.



*Gambar 2. 5 Wind Belt*

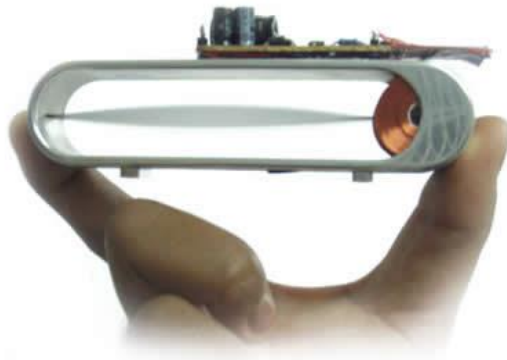
*(Sumber : [www.reuk.co.uk](http://www.reuk.co.uk))*

Desain pengubah energi angin menjadi listrik tersebut adalah desain pertama yang tidak memerlukan turbin, sementara turbin angin tidak bisa dikecilkan ukurannya untuk melakukan hal tersebut,



karena pertimbangan kecilnya energi dan rendahnya kecepatan angin tidak akan berhasil memutar turbin tersebut.

Windbelt, yang ditemukan oleh Shawn Frayn, sebenarnya adalah membran yang diregangkan dan dihubungkan dengan sepasang magnet di kedua ujungnya. Magnet tersebut akan berosilasi di antara kumparan jika membran tersebut terkena hembusan angin.



*Gambar 2. 6 . Wind belt tipe humdinger buatan Shawn Frayn*

*(Sumber : [www.humdingerwind.com](http://www.humdingerwind.com))*

Windbelt didesain untuk kecepatan yang rendah untuk menghasilkan energy dibawah 100 watt dan dengan biaya produksi yang rendah. Effisiensi perangkat tersebut 10x hingga 30x dibandingkan dengan turbin mikro. Menurut Frayn, windbelt biasa didapatkan dengan harga US\$2-US\$5. Cukup untuk menyalakan radio dan beberapa lampu.

Ada 3 jenis ukuran dalam pengembangan:

1. Microwindbelt, yang terkecil, hanya kira-kira 5 Inc panjangnya dan tingginya 1 inc dan dapat menyediakan tenaga untuk sensor dan alat-alat elektronik kecil.
2. Windcell, ukuran windbelt lebih besar dengan panjang frame 1 meter dan dapat menyuplai 3-5 watt energy listrik, cukup untuk lampu LED atau alat lain dengan kebutuhan energy rendah.
3. Panel windcell bertumpuk (stacked windcells) dapat membuat banyak ukuran generator windbelt. sebuah panel windcell dengan ukuran 1 meter persegi dipercaya mampu untuk menghasilkan sampai 100 watt. Dan harga 1 panel berkisar US\$1 per watt.

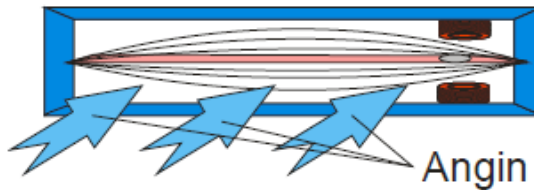
#### **2.2.4.2. Teori Wind belt**

Pembangkit listrik tenaga angin adalah pembangkit listrik yang menggunakan angin sebagai sumber energi untuk menghasilkan energi listrik. Pembangkit ini dapat merubah energi angin menjadi energi listrik, biasanya menggunakan turbin angin atau kincir angin. Sistem pembangkitan listrik menggunakan angin sebagai sumber energi merupakan system yang sangat berkembang pesat, mengingat angin merupakan salah satu energi yang tidak terbatas di alam.

Induksi Elektromagnetik menjelaskan tentang suatu tegangan yang dapat diinduksikan kedalam koil ketikagaris gaya magnet memotong lilitan dan

polaritas tegangan yang diinduksikan bergantung pada arah garis gaya magnet yang memotong lilitan.

Windbelt memiliki belt yang akan bergerak/osilasi bila dilalui angin dan pada ujung terdapat magnet yang bergerak mendekat dan menjauhi dari satu atau lebih kumparan dan dengan demikian menginduksi arus dalam kawat yang membentuk kumparan, seperti pada gambar 2.7.



*Gambar 2. 7 Kibaran pada wind belt saat teterpa angin  
(Sumber : [www.appropedia.org](http://www.appropedia.org))*

Polaritas tegangan induksi dapat diramalkan oleh hukum Lenz, yang menyatakan bahwa polaritas dari tegangan yang diinduksikan dalam sebuah konduktor harus sedemikian rupa hingga medan magnet yang dibangkitkan dari hasil arus dalam konduktor akan berlawanan terhadap gerak induksime dan magnet.

Dalam Induksi Elektromagnetik, berlaku juga Hukum Faraday yaitu besarnya tegangan induksi dalam solenoid pada saat lilitan memotong garis gaya magnet akan berbanding lurus dengan jumlah lilitan dan pada tingkat dimana garis fluks magnet dipotong oleh lilitan. Faraday melakukan percobaan

untuk membuktikan adanya induksi elektromagnetik.

Terjadinya gaya gerak listrik (GGL) induksi dapat dijelaskan seperti berikut. Jika kutub utara magnet didekatkan ke kumparan. Jumlah garis gaya yang masuk ke kumparan makin banyak. Perubahan jumlah garis gaya itulah yang menyebabkan terjadinya penyimpangan jarum galvanometer. Hal yang sama juga akan terjadi jika magnet digerakkan keluar dari kumparan. Akan tetapi, arah simpangan jarum galvanometer berlawanan dengan penyimpangan semula.

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa penyebab timbulnya GGL induksi adalah perubahan garis gaya magnet yang dilingkupi oleh kumparan.

Menurut Faraday, besar GGL induksi pada kedua ujung kumparan sebanding dengan laju perubahan fluks magnetik yang dilingkupi kumparan. Artinya, makin cepat terjadinya perubahan fluks magnetik, makin besar GGL induksi yang timbul. Adapun yang dimaksud fluks magnetik adalah banyaknya garis gaya magnet yang menembus suatu bidang.

Besarnya GGL induksi  $\mathcal{E}$  pada kumparan dapat dinyatakan dengan:

$$\mathcal{E} = N \frac{d\Phi}{dt} \dots \dots \dots (2.5)$$

Dengan  $\mathcal{E}$  adalah *ggl induksi*,  $N$  adalah *jumlah lilitan*,  $d\Phi/dt$  adalah *Perubahan fluks magnetic*.

### 2.2.4.3. Bagian-bagian Windbelt

Windbelt merupakan alat konversi energy angin yang sederhana, generator ini terdiri dari beberapa bagian, yaitu diantaranya:

1. Frame ; kerangka windbelt



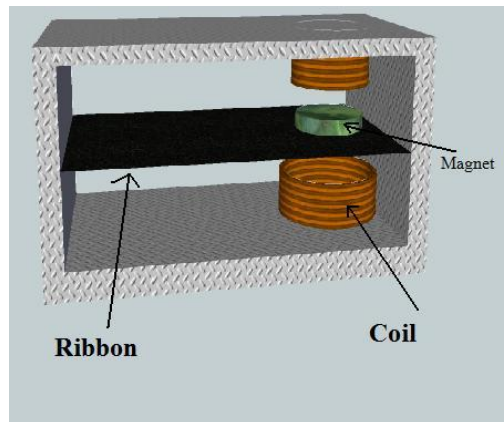
*Gambar 2. 8 Design Wind belt  
(Dr.P.Balaguru, B.Vignesh Raj,  
B.E.Vignesh.2008.Low Cost Energy Production Using  
Wind Belt Technology.International Journal of  
Engineering and Innovative Technology, ISSN:2277-  
3754)*

2. Kumparan, menangkap GGL induksi oleh pergerakan magnet.
3. Magnet, memiliki medan magnet serta bergerak mendekat dan menjauhi kumparan untuk memotong bidang kumparan



*Gambar 2. 9 kumparan wind belt  
(Sumber : [www.landartgenerator.org](http://www.landartgenerator.org))*

4. Membrane/belt, untuk menerima aliran angin sehingga bergerak



*Gambar 2. 10 bagian – bagian wind belt  
(Sumber : [www.wolvespage.yolasite.com](http://www.wolvespage.yolasite.com))*

## **BAB III**

### **METODOLOGI**

#### **3.1. Metodologi Penelitian**

Metodologi penelitian adalah kerangka dasar dari tahapan penyelesaian skripsi. Metodologi tersebut mencakup semua kegiatan yang akan dilaksanakan untuk memecahkan masalah atau melakukan proses analisa terhadap permasalahan dalam skripsi. Selama pengerjaan skripsi ini, penulis membagi pengerjaannya dalam beberapa tahapan pengerjaan. Tahapan pengerjaan skripsi ini antara lain:

##### **3.1.1. Identifikasi Masalah**

Dalam identifikasi masalah yang dibahas dalam skripsi ini adalah analisa posisi generator *windbelt* terhadap sudut arah datang angin untuk mendapatkan daya yang optimal dalam aplikasinya.

##### **3.1.2. Studi Literatur**

Sebelum dilakukan penelitian, dilakukan studi mengenai beberapa literatur dan referensi yang berkaitan dengan generator *windbelt*. Studi literatur ini bertujuan untuk memperoleh teori-teori dasar yang digunakan, hasil penelitian dan informasi yang berkaitan dengan generator *windbelt* yang akan dianalisa dalam skripsi ini. Studi literatur dilakukan dengan pengkajian berupa jurnal, buku, *paper*, dan web, atau media lain yang menunjang penulisan skripsi ini.

##### **3.1.3. Pengumpulan Data**

Pengumpulan data dilaksanakan sebagai acuan dalam pengerjaan skripsi ini. Data-data yang dikumpulkan harus

dapat menunjang dalam penyelesaian permasalahan yang ada. Data – data yang diperlukan dalam penyelesaian masalah dibagi dalam dua bagian, yaitu data tetap dan data variasi. Data tetap merupakan data yang dibutuhkan untuk pengujian yang sifatnya tetap atau tidak dapat diganti selama pengujian, yaitu : kecepatan angin dan dimensi alat. Dan data variasi merupakan data yang dibutuhkan dalam pengujian yang berubah sewaktu pengujian dengan jangkauan tertentu, yaitu sudut datang arah angin. Data-data ini akan digunakan untuk menguji alat, sehingga didapatkan hasil keluaran yang diinginkan.

#### **3.1.4. Pembuatan Alat**

Pada tahap ini dilakukan pembuatan alat yang akan digunakan dalam pengujian. Dalam pembuatan alat ini diperlukan data dimensi dari *windbelt*, data tersebut diperoleh dari jurnal IJEIT, ISSN:2277-3754.[2] Pemilihan dimensi dari jurnal ini, karena desain tersebut telah berhasil diuji dan dapat bekerja dengan baik. Dari data tersebut dibuat desain yang menyerupai bentuk desain sebelumnya, namun terdapat beberapa perubahan seiring dalam proses pembuatannya, yaitu diameter dalam dan luar koil, dimensi magnet, dimensi pita dan terdapat bantalan koil yang digunakan untuk memposisikan koil pada magnet. Perubahan itu terjadi karena kesalahan proses pembuatan, dan dimensi magnet yang ada di pasaran tidak ada yang sesuai dengan jurnal serta mutlak untuk meminimalkan kegagalan pada saat pengujian.

#### **3.1.5. Percobaan Alat**

Pada tahap ini dilakukan pengujian alat yang dilakukan di laboratorium mesin kapal. Dalam pengujian ini diperlukan sebuah blower yang digunakan sebagai sumber



angin buatan. Kecepatan angin yang dihasilkan blower tidak dapat diubah sehingga dibuat tetap. Kemudian dibuat sebuah tunnel angin yang diletakan pada sisi keluaran angin pada blower yang berguna untuk memusatkan angin pada *windbelt*. Pengujian dilakukan pada jarak 110 cm dari depan blower. Pada saat pengujian dilakukan pengukuran arus dan tegangan, serta dilakukan pengubahan posisi sudut datang angin dengan mengubah posisi *windbelt*. Sudut datang arah angin divariasikan dari  $0^\circ$  sampai  $90^\circ$  derajat dengan kelipatan 5 derajat, yaitu  $0^\circ$ ,  $5^\circ$ ,  $10^\circ$ ,  $15^\circ$ , ...,  $90^\circ$ .

### **3.1.6. Analisa Data dan Pembahasan**

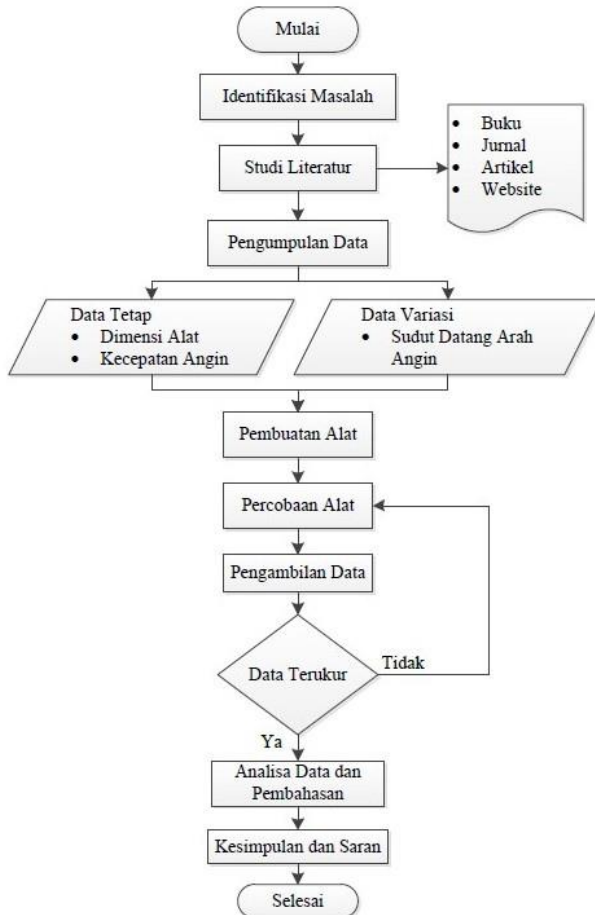
Pada tahap ini dilakukan analisa dan pembahasan terkait dari hasil pengujian alat. Yang nantinya akan menjadi hasil dari tujuan penelitian ini.

### **3.1.7. Kesimpulan dan Saran**

Pada akhir pengerjaan skripsi ini akan ditarik kesimpulan dari beberapa pengujian yang telah dilakukan. Kesimpulan yang didapatkan merupakan jawaban dari permasalahan yang dibahas dalam penelitian ini dan juga merupakan rangkuman dari serangkaian proses penelitian yang dilakukan. Disamping itu juga akan diberikan saran-saran mengenai penelitian ini. Dimana saran-saran tersebut mungkin nantinya akan berguna dalam perkembangan penelitian selanjutnya, maupun sebagai bantuan solusi terhadap permasalahan yang ada.

### 3.2. Diagram Alir

Diagram alir untuk pengerjaan tugas akhir ini dapat dilihat pada gambar 3.1. dibawah ini.



Gambar 3. 1 Alur Pengerjaan Tugas Akhir

## BAB IV

### ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Umum

Pada bab ini diuraikan langkah – langkah dalam pengolahan data – data yang telah didapatkan sebelumnya. Data yang didapatkan merupakan keseluruhan data yang digunakan dalam melakukan analisa generator tipe *windbelt*. Data yang yang didapatkan dari variasi sudut arah datang angin berupa tegangan dan arus yang dihasilkan oleh generator. Kemudian data lain berupa kecepatan angin merupakan data masukan yang didapat dari kecepatan angin yang dihasilkan oleh *blower*. Data kecepatan angin didapatkan dengan melakukan pengukuran menggunakan anemometer analog didepan *blower* dengan jarak 110 cm sesuai dengan jarak pada percobaan alat. Pada gambar 4.1 merupakan proses pengambilan data kecepatan angin menggunakan anemometer. Data kecepatan diambil sebanyak 10 kali pengukuran kemudian dicatat dan dicari rata-rata kecepatan. Kecepatan angin yang didapatkan pada saat pengukuran berkisar 10 - 11 m/s. Pengukuran menggunakan anemometer analog ini memiliki kekurangan yaitu ketepatan dalam pembacaan sehingga pada saat pengambilan data didasarkan pada waktu yaitu untuk pengambilan data satu ke data yang lain diberikan waktu 10 menit. Sehingga setelah pengukuran berakhir, didapatkan data kecepatan angin seperti pada tabel 4.1. Dari pengambilan data kecepatan angin diperoleh kecepatan rata – rata *blower* sebesar 10,3 m/s. kecepatan rata-rata ini akan digunakan untuk menghitung daya angin pada sub bab 4.5.

*Tabel 4. 1 Kecepatan Angin*

<b>Pengambilan ke-</b>	<b>Kecepatan Angin (m/s)</b>
1	10
2	10
3	10,2
4	10
5	10,2
6	10,2
7	10
8	10,9
9	11
10	10,5
<b>Rata-rata</b>	<b>10,3</b>



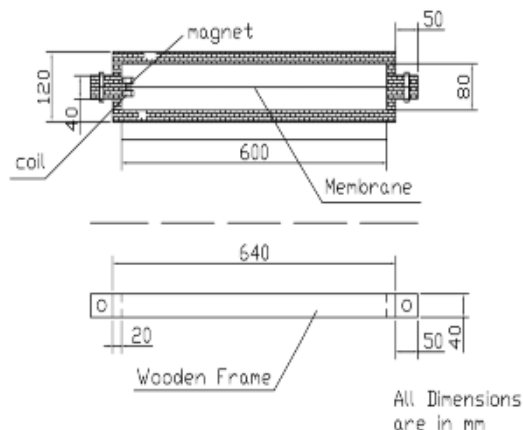
*Gambar 4. 1 Pengukuran Kecepatan Angin dengan Anemometer*

## 4.2 Pembuatan Prototype Generator *Windbelt*

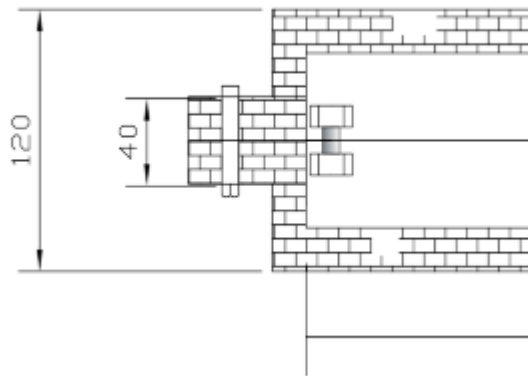
Untuk melakukan penelitian pengaruh sudut datang arah angin terhadap performa daya output dari generator *windbelt*, maka nantinya akan dibuat sebuah prototype yang akan diuji coba dengan kondisi yang disesuaikan. Prototype ini akan bekerja pada sudut yang bervariasi dari sudut  $0^\circ$  sampai  $90^\circ$ .

### 4.2.1. Dimensi Desain Generator *Windbelt*

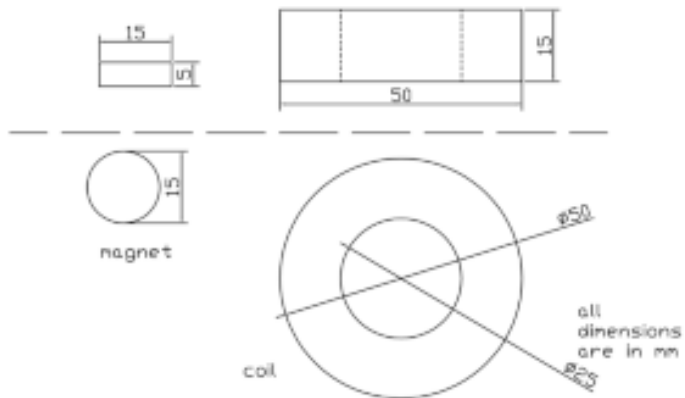
Dimensi perancangan generator *windbelt* didasarkan pada jurnal IJEIT, ISSN:2277-3754.[2] Desain yang akan dibuat *prototype* memiliki dimensi *frame* atau *casing* seperti pada gambar 4.1. Dan gambar 4.2 merupakan perbesaran pada bagian sisi atau sudut dari *frame* atau *casing* dengan detail ukurannya. Dan untuk detail ukuran koil beserta magnet yang akan digunakan dapat dilihat pada gambar 4.2.



Gambar 4. 2 Dimensi Frame dan Belt *Windbelt*  
(Dr.P.Balaguru, B.Vignesh Raj, B.E.Vignesh,2008)



*Gambar 4. 3 Perancangan Letak Koil dan Magnet Generator Windbelt*  
 (Dr.P.Balaguru, B.Vignesh Raj, B.E.Vignesh,2008)



*Gambar 4. 4 Dimensi Magnet dan Koil*  
 (Dr.P.Balaguru, B.Vignesh Raj, B.E.Vignesh,2008)

#### 4.2.2. Pembuatan Prototype Generator *Windbelt*

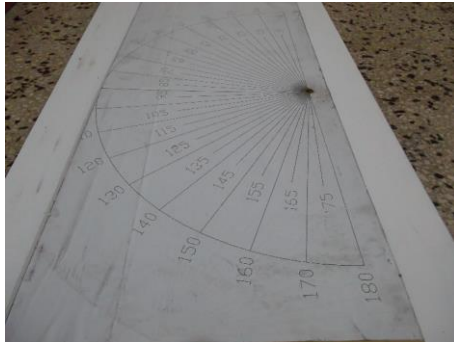
Pembuatan *windbelt* menggunakan kayu balok yang kemudian dipotong sesuai dengan ukuran desain pada gambar 4.2. Kemudian dirakit menjadi satu kesatuan seperti pada gambar 4.5. , pada bagian sisi yang satunya dibuat lubang kemudian ditanam mur yang nantinya dihubungkan ke busur derajat sehingga dapat diputar sesuai dengan sudut percobaan.



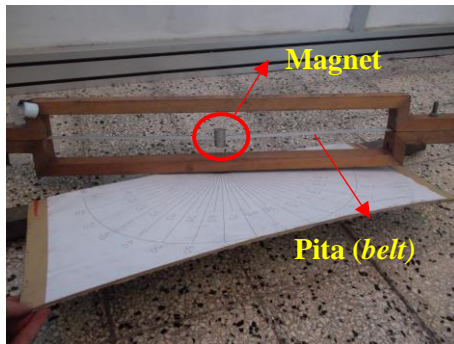
Gambar 4. 5 frame atau casing *windbelt* yang telah dirakit

Busur derajat dibuat untuk memudahkan dalam memposisikan sudut *windbelt* terhadap arah datang angin pada saat pengujian. Pembuatan busur derajat seperti pada gambar 4.6, yang nantinya busur ini akan dipasang pada sisi lubang mur (lihat gambar 4.5) dengan bantuan baut yang sudah terpasang pada sebuah balok kayu.seperti pada gambar 4.7, sebelum busur derajat dipasang terlebih dulu dilakukan pemasangan pita (*belt*) sepanjang *frame* atau *casing* dan ditengah – tengah pita diletakan dua buah magnet silinder yang mengapit pita. Selanjutnya dilakukan pemasangan koil yang sudah dihubungkan pada beban *Light Emitteing Diode* (LED) pada sisi *frame*. Dan magnet silinder diletakan tepat ditengah – tengah lubang koil

sehingga pada saat pita berosilasi akan menggerakkan magnet keluar masuk lubang koil sehingga akan terbangkit ggl (gaya gerak listrik). (lihat gambar 4.8)

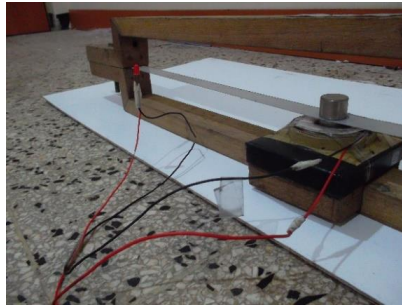


*Gambar 4. 6 Busur derajat*



*Gambar 4. 7. pemasangan magnet, pita (belt) dan busur derajat*





Gambar 4. 8 perakitan windbelt dengan beban LED

### 4.3 Percobaan Prototype dan Pengambilan data

Untuk menguji performa generator *windbelt* terhadap sudut arah datang angin maka dilakukan percobaan kerja alat secara *real*. Percobaan ini dilakukan di laboratorium mesin kapal dengan *blower* sebagai sumber energi angin. Pada sisi keluaran *blower* dipasang *tunnel* angin yang sudah dibuat sebelumnya. *Tunnel* ini fungsinya untuk memfokuskan aliran udara menuju *face windbelt*. Kemudian pada lubang sisi luar *tunnel* dipasang *windbelt* yang berjarak 1,1 meter dari *blower*. Tunnel dan *windbelt* dikaitkan dengan bantuan balok kayu pada sisi kanan dan kirinya sehingga terpasang dengan kokoh. Pemasangan *tunnel* dan *windbelt* dapat dilihat pada gambar 4.9.

Koil diposisikan berada ditengah-tengah *frame*, dengan dua buah magnet melekat pada pita (lihat gambar 4.8). kemudian dialirkan angin dari *blower* dengan kecepatan rata-rata 10,3 m/s melewati sebuah tunnel yang menerpa *windbelt* sehingga *windbelt* menghasilkan arus listrik yang membuat LED menyala. Selanjutnya dilakukan pengukuran tegangan dan arus pada keluaran *windbelt* sebelum LED.



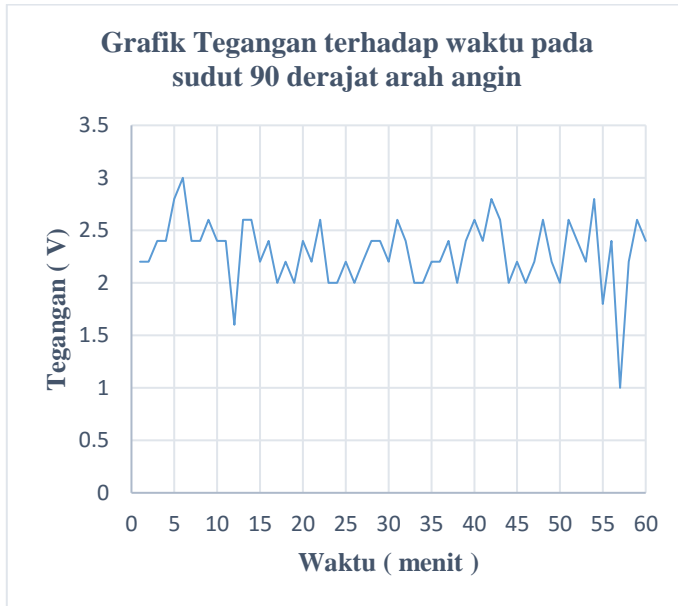
*Gambar 4. 9 Pemasangan tunnel angin dan windbelt untuk proses percobaan*

Pada setiap percobaan akan dilakukan pengaturan pada sudut *windbelt* terhadap arah angin yaitu dengan memutar posisi *windbelt* pada sudut percobaan (misalnya sudut  $75^\circ$ ) terhadap arah datang angin. Sudut divariasikan dari  $0^\circ$  sampai  $90^\circ$  dengan kelipatan  $5^\circ$ . Sehingga nantinya akan dilakukan percobaan sebanyak 19 kali. Pada setiap percobaan akan dilakukan selama 1 jam, dan dilakukan pencatatan nilai tegangan dan arus yang dihasilkan oleh *windbelt* setiap 1 menit. Hasil dari percobaan yang telah dilakukan dapat dilihat pada penyajian grafik - grafik pada subbab dibawah ini.



*Gambar 4. 10 Penyetelan sudut windbelt pada percobaan*

#### 4.3.1. Percobaan *Wind Belt* pada posisi sudut 90°

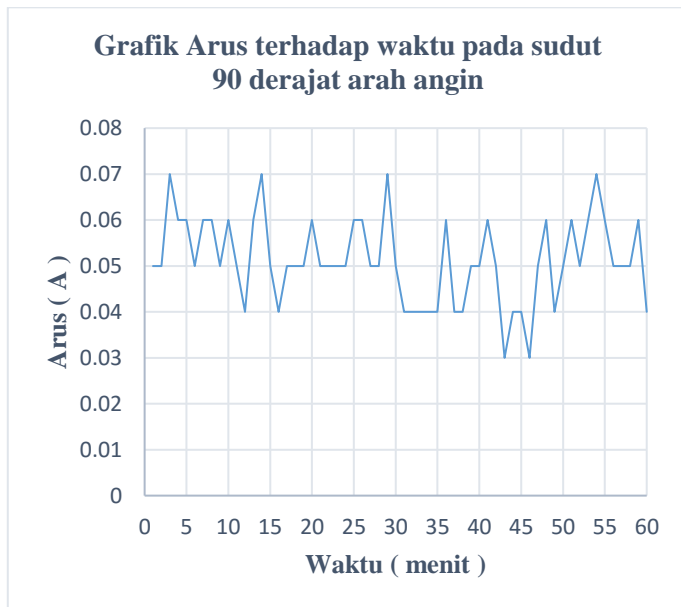


*Grafik 4. 1 Tegangan yang dihasilkan pada percobaan posisi sudut 90 derajat terhadap arah angin*

Dari grafik 4.1 dapat dilihat tegangan yang dihasilkan sangat fluktuatif bergantung pada kibarani (*aeroelastic* dari *belt* atau pita polyester film). Dari data ini didapatkan tegangan tertinggi sebesar 3 volt dan tegangan terendah sebesar 1 volt dengan rata-rata tegangan yang dihasilkan sebesar 2,3 volt selama 1 jam percobaan.

Tegangan yang dihasilkan oleh *windbelt* terlihat tidak stabil. Ketidakstabilan tegangan yang dihasilkan dikarenakan pergerakan pita yang dilewati

oleh angin bergantung kemampuan pita untuk menerima hembusan angin dalam mengangkat magnet naik dan turun didalam koil. Jika amplitudo pita semakin besar maka semakin besar juga tegangan yang dihasilkan. Dengan amplitudo pita yang besar akan membawa magnet bergerak naik dan turun lebih dalam terhadap koil sehingga ggl akan lebih besar.

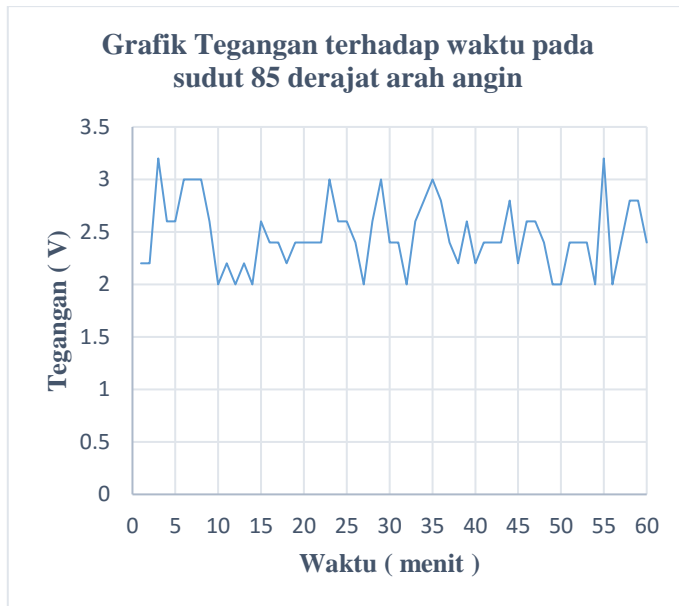


*Grafik 4. 2 Arus yang dihasilkan pada percobaan posisi sudut 90 derajat terhadap arah angin*

Untuk arus yang dihasilkan juga fluktuatif seperti yang terlihat pada grafik 4.2. Meskipun begitu, Arus yang dihasilkan terlihat konstan pada menit ke menit tertentu, seperti pada menit 31-35 dengan nilai arus yang dihasilkannya sebesar 0,04 A. Pada percobaan

ini arus rata-rata yang dihasilkan sebesar 0,05 A dengan arus tertinggi mencapai 0,07 A dan terendah sebesar 0,03 A.

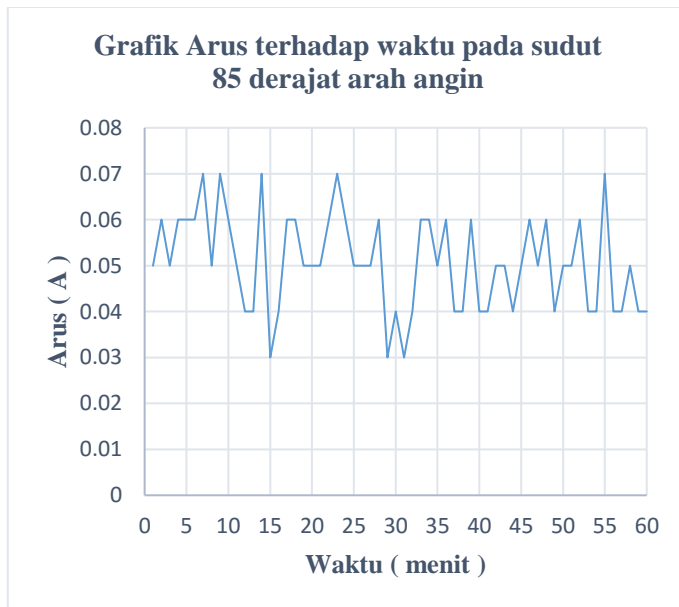
#### 4.3.2. Percobaan *Wind Belt* pada Posisi Sudut 85°



*Grafik 4. 3 Tegangan yang dihasilkan pada percobaan posisi sudut 85 derajat terhadap arah angin*

Tegangan pada percobaan 85° berada pada range 2 volt – 3,2 volt. Dengan tegangan rata-rata yang dihasilkan sebesar 2,5 volt. Tegangan rata-rata yang dihasilkan pada percobaan ini lebih besar dibandingkan percobaan pertama ( sudut 90° ). Dimana tegangan tertinggi yang dicapai juga sama dengan percobaan pertama dengan tegangan sebesar

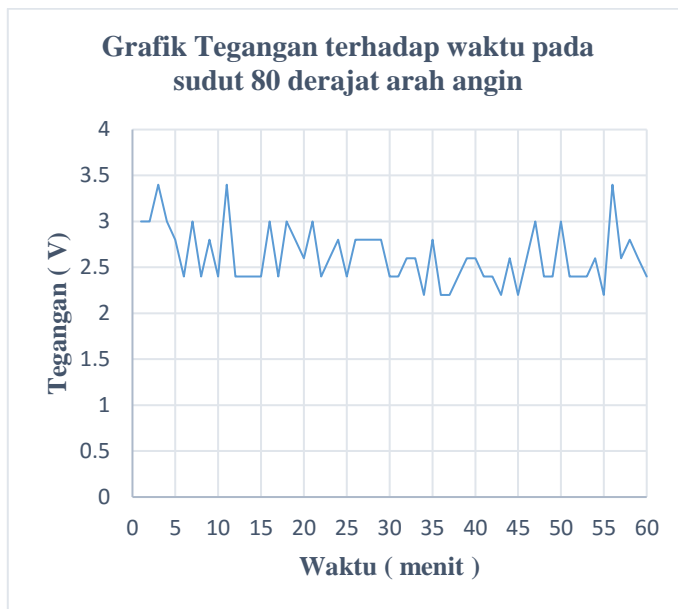
3,2 volt. Demikian juga dengan tegangan terendah yang dihasilkan lebih besar dibandingkan sebelumnya yaitu sebesar 2 volt. Maka posisi sudut percobaan kali ini lebih baik dibandingkan dengan posisi sebelumnya. Pola kibaran yang dihasilkan pada sudut ini cukup konstan sebagaimana yang terlihat pada tegangan yang dihasilkan. Meskipun tegangan berubah-ubah setiap waktunya, namun perubahannya tidak terlalu besar dan tegangan yang terukur cenderung lebih besar dibandingkan percobaan sebelumnya.



*Grafik 4. 4 Arus yang dihasilkan pada percobaan posisi sudut 85 derajat terhadap arah angin*

Sedangkan pada grafik arus per waktu pada grafik 4.4 menunjukkan bahwa arus yang dihasilkan sebagian besar berada pada *range* 0,04 A -0,06 A. Dengan arus tertinggi yang dihasilkan mencapai 0,07 A dan arus terendah sebesar 0,03 A, sama seperti halnya percobaan sebelumnya. Dan besar arus rata – rata juga masih sama besarnya, yaitu 0,05 A.

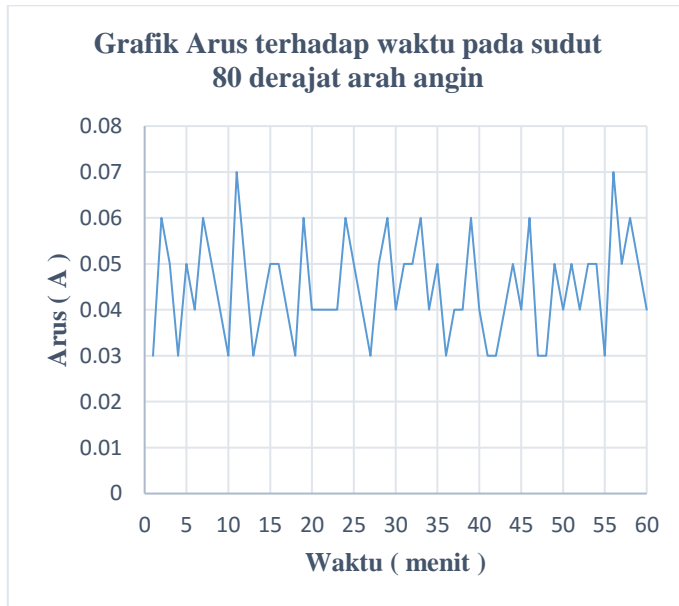
#### 4.3.3. Percobaan *Wind Belt* pada Posisi Sudut 80°



*Grafik 4. 5 Tegangan yang dihasilkan pada percobaan posisi sudut 80 derajat terhadap arah angin*

Pada percobaan selanjutnya didapatkan data tegangan sebagaimana terdapat pada grafik 4.5, dimana tegangan tertinggi sebesar 3,4 volt dan

tegangan terendah sebesar 2,2 volt dengan rata-rata tegangan yang dihasilkan sebesar 2,6 volt.



*Grafik 4. 6 Arus yang dihasilkan pada percobaan posisi sudut 80 derajat terhadap arah angin*

Dan pada grafik 4.6, arus tertinggi yang dihasilkan sebesar 0,07 A sedangkan arus terendahnya berada pada 0,03 A, dengan rata-rata arus yang dihasilkan sebesar 0,05 A. Jumlah arus yang dihasilkan sama dengan percobaan sudut  $90^\circ$  dan  $85^\circ$  dimana menghasilkan hingga 0,05 A.



#### 4.3.4. Percobaan *Wind Belt* pada Posisi Sudut 75°

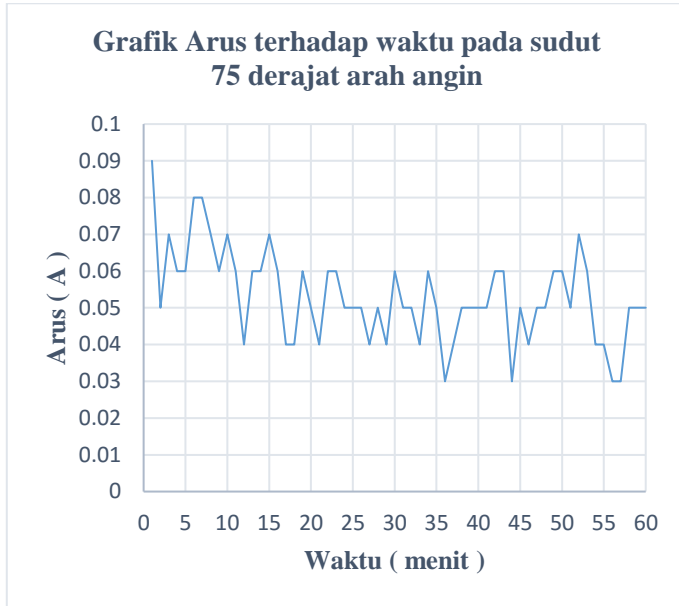


*Grafik 4. 7 Tegangan yang dihasilkan pada percobaan posisi sudut 75 derajat terhadap arah angin*

Pada percobaan selanjutnya didapatkan data tegangan sebagaimana terdapat pada grafik 4.7, dimana tegangan tertinggi sebesar 3,4 volt dan tegangan terendah sebesar 2,4 volt dengan rata-rata tegangan yang dihasilkan sebesar 2,9 volt.

Pada sudut ini nilai tegangan yang dihasilkan paling tinggi diantara percobaan - percobaan lainnya. Karena pada sudut ini, *windbelt* dapat bekerja maksimal dalam mengkonversikan angin yang berhembus dari *blower* menjadi listrik. Hal ini dimungkinkan karena bidang pita yang mendapat aliran udara semakin luas dan pada posisi ini pula pita mampu berosilasi dengan maksimal sehingga

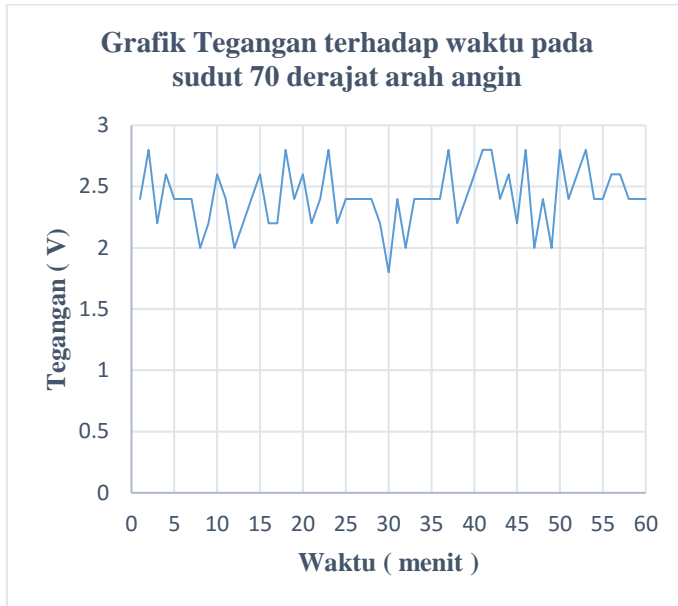
menghasilkan amplitudo dan frekuensi getaran terbesar.



*Grafik 4. 8 Arus yang dihasilkan pada percobaan posisi sudut 75 derajat terhadap arah angin*

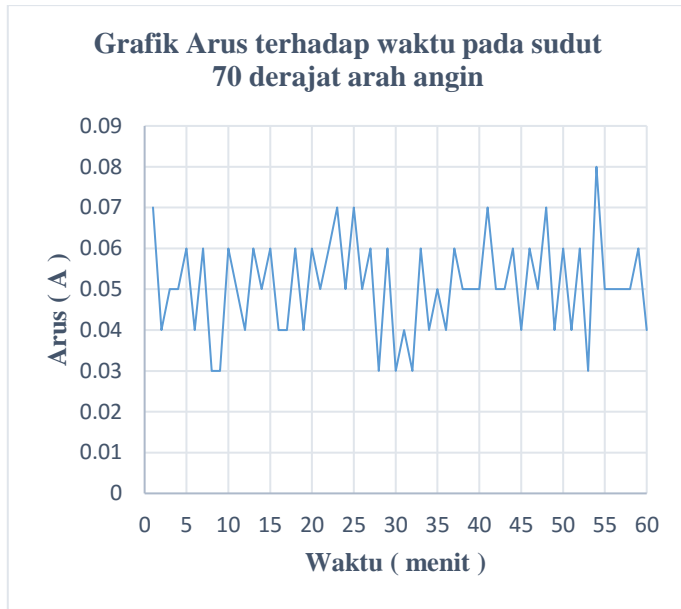
Dan pada grafik 4.8, arus tertinggi yang dihasilkan sebesar 0,09 A sedangkan arus terendahnya berada pada 0,03 A, dengan rata-rata arus yang dihasilkan sebesar 0,05A. Besarnya rata-rata arus yang dihasilkan masih sama dengan percobaan sudut 90 ,85 dan 80 derajat dimana menghasilkan arus hingga 0,05 A.

#### 4.3.5. Percobaan *Wind Belt* pada Posisi Sudut 70°



*Grafik 4. 9 Tegangan yang dihasilkan pada percobaan posisi sudut 70 derajat terhadap arah angin*

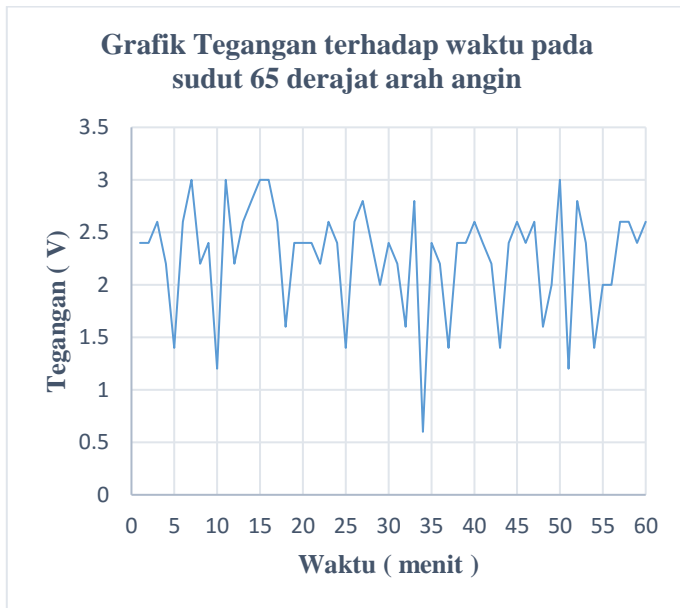
Pada percobaan ini didapatkan tegangan seperti pada grafik 4.9, dimana tegangan tertinggi sebesar 2,8 volt dan tegangan terendah sebesar 1,8 volt dengan rata-rata tegangan yang dihasilkan sebesar 2,4 volt.



*Grafik 4. 10 Arus yang dihasilkan pada percobaan posisi sudut 70 derajat terhadap arah angin*

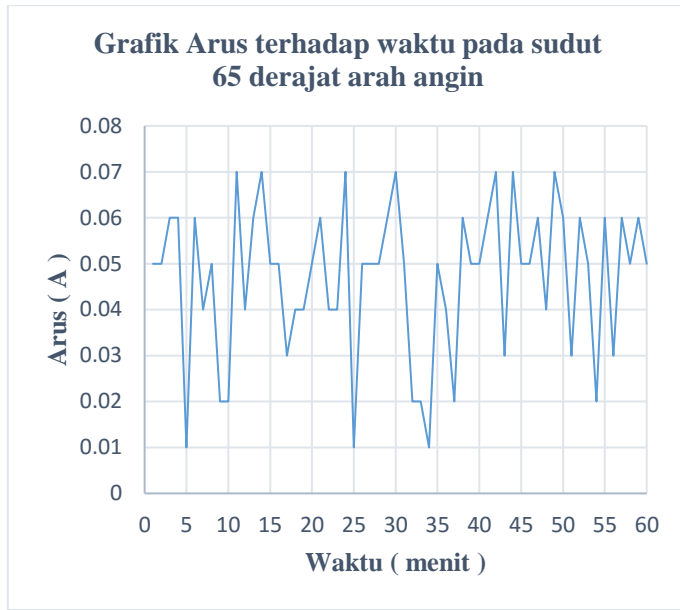
pada grafik 4.10, arus tertinggi yang dihasilkan sebesar 0,07 A sedangkan arus terendahnya berada pada 0,03 A, dengan rata-rata arus yang dihasilkan sebesar 0,05 A. arus rata-rata yang didapatkan masih sama dengan percobaan sebelumnya

#### 4.3.6. Percobaan *Wind Belt* pada Posisi Sudut 65°



*Grafik 4. 11 Tegangan yang dihasilkan pada percobaan posisi sudut 65 derajat terhadap arah angin*

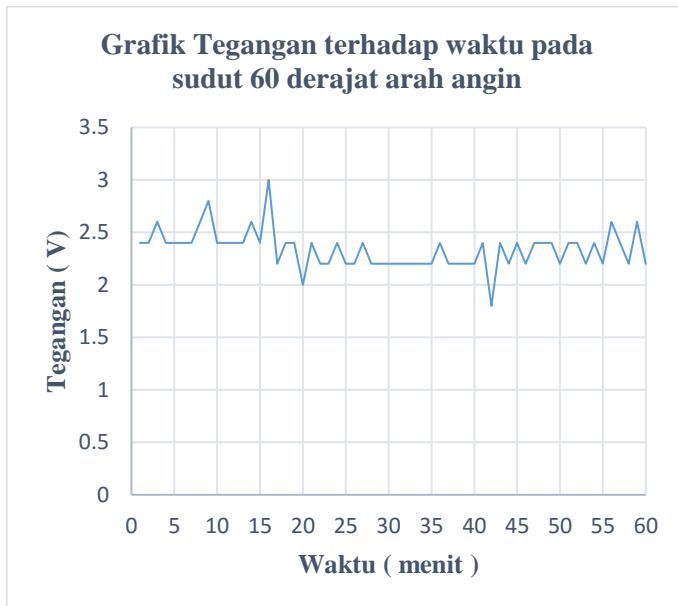
Pada percobaan ini tegangan yang terukur sebagaimana yang terlihat pada grafik 4.11, dimana tegangan tertinggi sebesar 3 volt dan tegangan terendah sebesar 0,6 volt dengan rata-rata tegangan yang dihasilkan sebesar 2,3 volt.



*Grafik 4. 12 Arus yang dihasilkan pada percobaan posisi sudut 65 derajat terhadap arah angin*

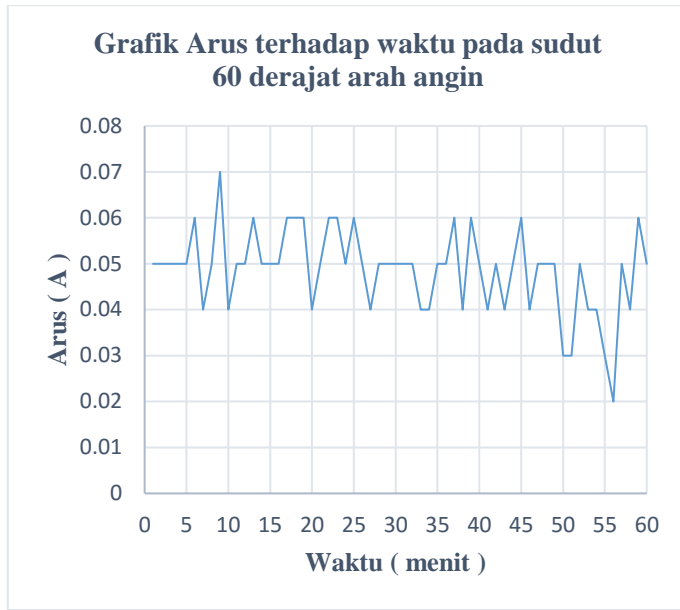
Dan pada grafik 12, arus tertinggi yang dihasilkan sebesar 0,07 A sedangkan arus terendahnya berada pada 0,01 A, dengan rata-rata arus yang dihasilkan sebesar 0,05 A. Jumlah ini sama dengan percobaan sebelumnya dimana menghasilkan hingga sebesar 0,05 A.

#### 4.3.7. Percobaan *Wind Belt* pada Posisi Sudut 60°



*Grafik 4. 13 Tegangan yang dihasilkan pada percobaan posisi sudut 60 derajat terhadap arah angin*

Pada percobaan ini didapatkan tegangan seperti yang terlihat pada grafik 4.13, dimana tegangan tertinggi sebesar 3 volt dan tegangan terendah sebesar 1,8 volt dengan rata-rata tegangan yang dihasilkan sebesar 2,3 volt.

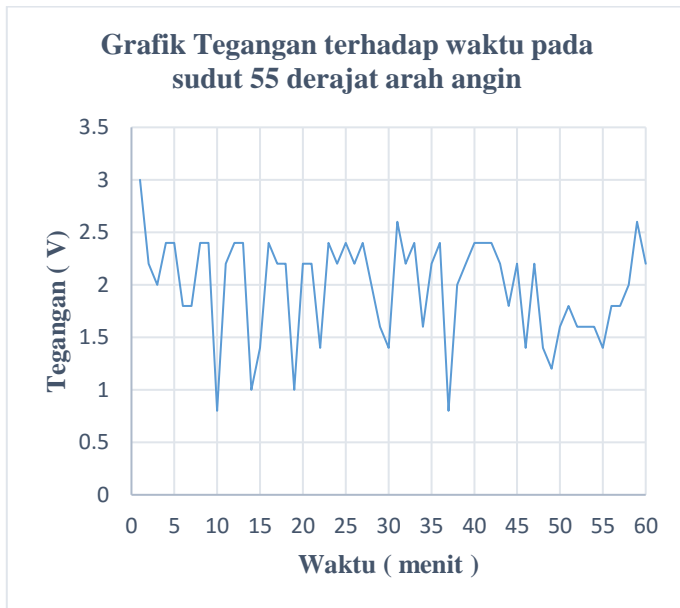


*Grafik 4. 14 Arus yang dihasilkan pada percobaan posisi sudut 60 derajat terhadap arah angin*

Pada grafik 4.14, arus tertinggi yang dihasilkan sebesar 0,07 A sedangkan arus terendahnya berada pada 0,03 A, dengan rata-rata arus yang dihasilkan sebesar 0,05 A. Jumlah ini sama dengan percobaan pada sudut-sudut sebelumnya yang menghasilkan arus hingga sebesar 0,05 A

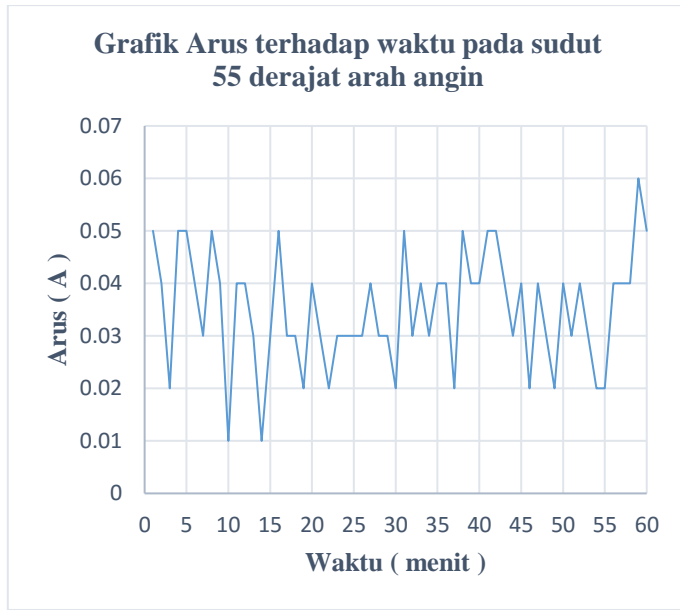


#### 4.3.8. Percobaan *Wind Belt* pada Posisi Sudut 55°



*Grafik 4. 15 Tegangan yang dihasilkan pada percobaan posisi sudut 55 derajat terhadap arah angin*

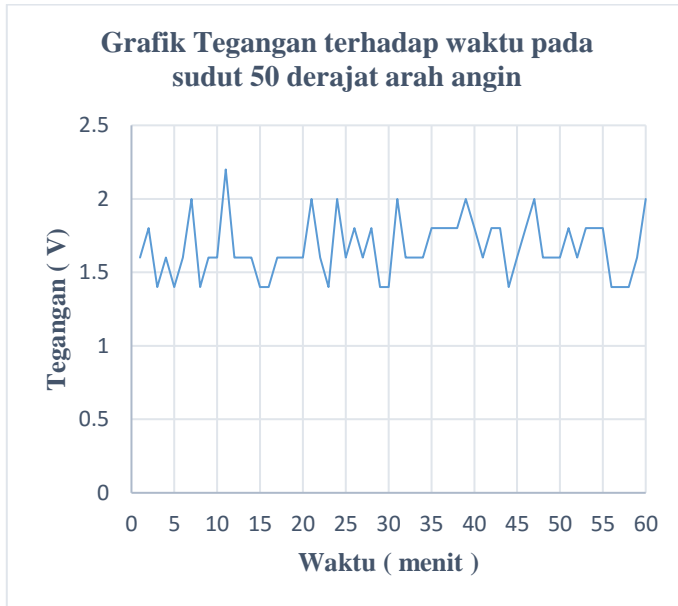
Pada percobaan ini didapatkan tegangan terukur sebagaimana yang terlihat pada grafik 4.15, dimana tegangan tertinggi sebesar 3 volt dan tegangan terendah sebesar 0,8 volt dengan rata-rata tegangan yang dihasilkan sebesar 2,0 volt.



*Grafik 4. 16 Arus yang dihasilkan pada percobaan posisi sudut 55 derajat terhadap arah angin*

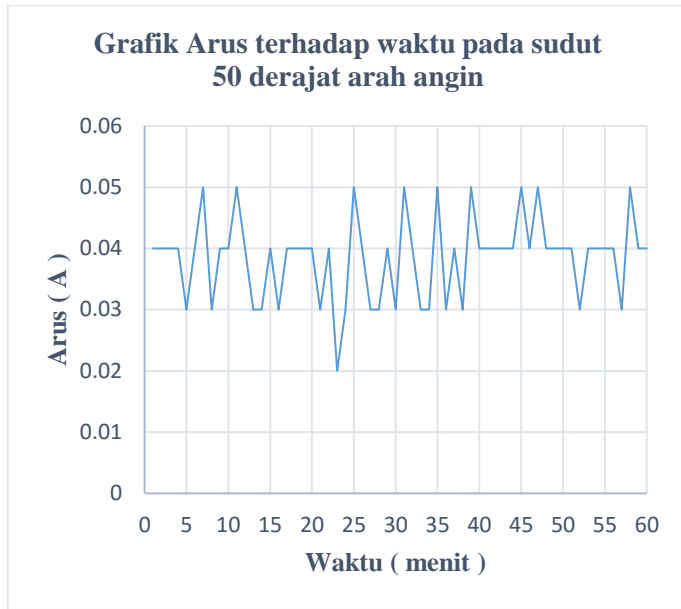
Pada grafik 4.16, arus tertinggi yang dihasilkan sebesar 0,05 A sedangkan arus terendahnya berada pada 0,01 A, dengan rata-rata arus yang dihasilkan sebesar 0,04 A. Setelah percobaan sudut 90°, 85°, 80°, 75°, 70°, 65° dan 60° dengan nilai yang sama yaitu 0,05 A, pada percobaan ini nilai arus rata-rata yang dihasilkan menurun menjadi 0,04 A.

#### 4.3.9. Percobaan *Wind Belt* pada Posisi Sudut 50°



*Grafik 4. 17 Tegangan yang dihasilkan pada percobaan posisi sudut 50 derajat terhadap arah angin*

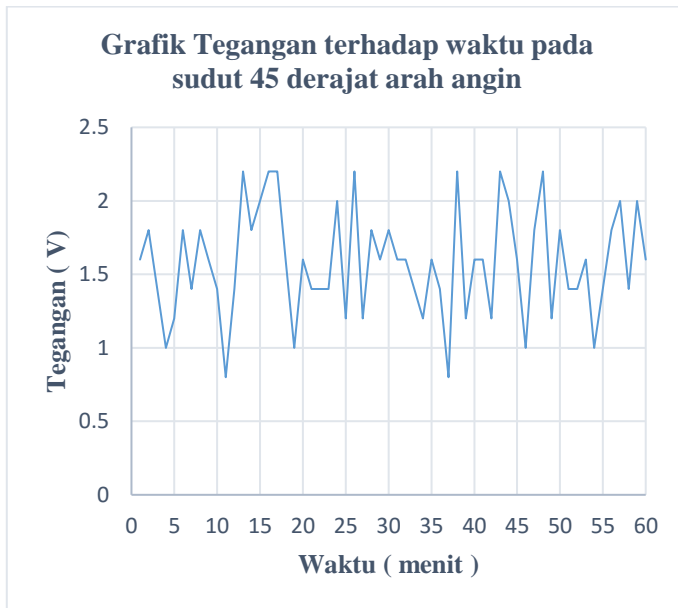
Pada percobaan ini didapatkan data sebagaimana yang terlihat pada grafik 4.17, dimana tegangan tertinggi sebesar 2,2 volt dan tegangan terendah sebesar 1,4 volt dengan rata-rata tegangan yang dihasilkan sebesar 1,7 volt.



*Grafik 4. 18 Arus yang dihasilkan pada percobaan posisi sudut 50 derajat terhadap arah angin*

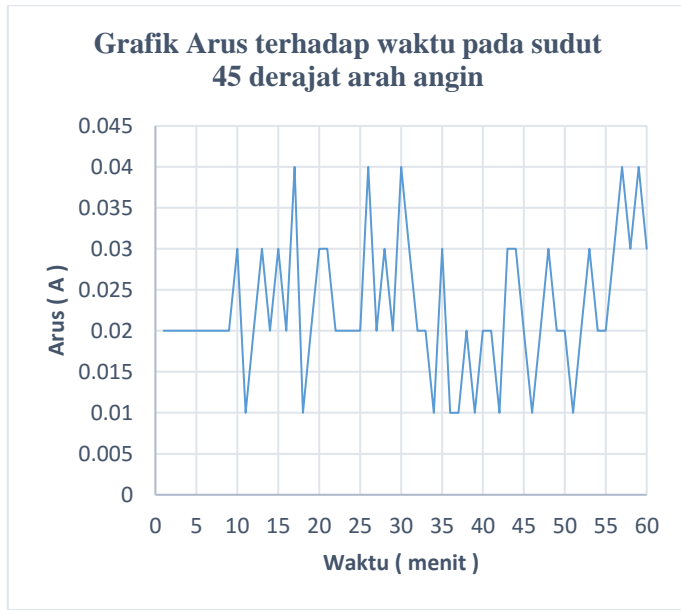
Dan pada grafik 4.18, arus tertinggi yang dihasilkan sebesar 0,05 A sedangkan arus terendahnya berada pada 0,03 A, dengan rata-rata arus yang dihasilkan sebesar 0,04 A. Pada percobaan ini nilai arus rata-rata yang dihasilkan menurun juga pada arus 0,04 A. Nilai ini sama dengan arus yang dihasilkan pada percobaan sebelumnya yaitu percobaan 55° .

#### 4.3.10. Percobaan *Wind Belt* pada Posisi Sudut 45°



*Grafik 4. 19 tegangan yang dihasilkan pada percobaan posisi sudut 45 derajat terhadap arah angin*

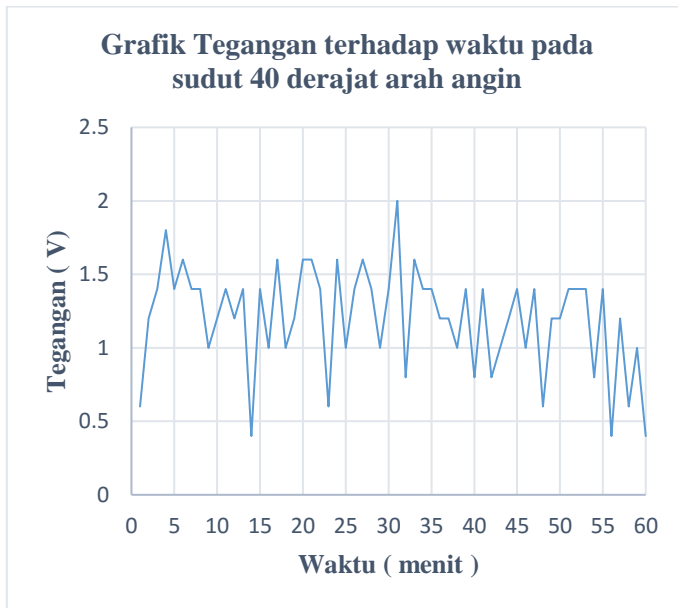
Pengukuran tegangan pada percobaan sudut 45 derajat didapatkan data seperti pada grafik 4.19 , tegangan tertinggi yang terukur sebesar 2,2 volt dan yang terendah sebesar 0,8 volt dengan rata-rata tegangan yang terukur perwaktu sebesar 1,6 volt.



*Grafik 4. 20 Arus yang dihasilkan pada percobaan posisi sudut 45 derajat terhadap arah angin*

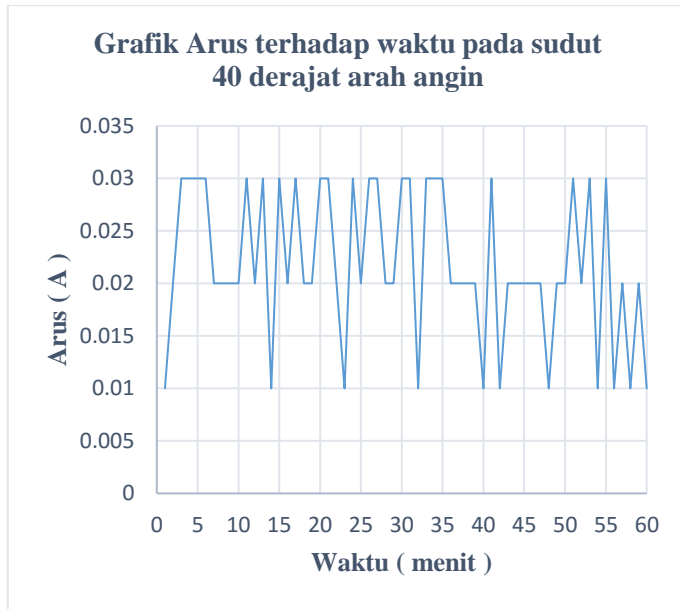
Pada grafik 4.20, disajikan data arus yang terukur pada percobaan dimana arus tertinggi yang terukur sebesar 0,04 A dan arus terendahnya sebesar 0,01 A. dan arus rata -rata yang terukur selama percobaan sebesar 0,02 A

#### 4.3.11. Percobaan *Wind Belt* pada Posisi Sudut 40°



*Grafik 4. 21 Tegangan yang dihasilkan pada percobaan posisi sudut 40 derajat terhadap arah angin*

Percobaan yang dilakukan pada posisi sudut 40° menghasilkan tegangan seperti pada grafik 4.21. Dimana tegangan tertinggi yang dapat diukur sebesar 1,8 volt dan tegangan terendahnya sebesar 0,4 volt dan rata-rata tegangannya sebesar 1,2 volt.

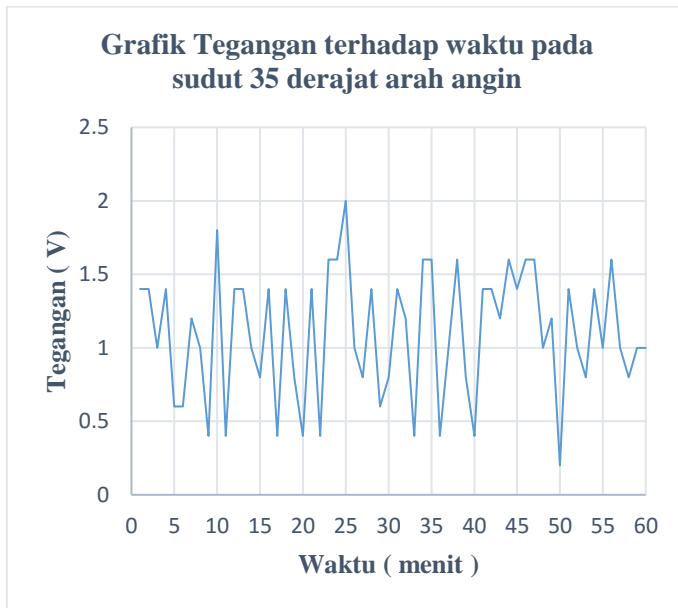


*Grafik 4. 22 Arus yang dihasilkan pada percobaan posisi sudut 40 derajat terhadap arah angin*

Untuk arus yang terukur pada percobaan ini dapat dilihat pada grafik 4.22. Arus tertinggi yang diperoleh terukur pada 0,03 A dan dan arus yang terendah pada 0,01 A. dan rata-rata arus yang didapatkan selama percobaan sebesar 0,02 A

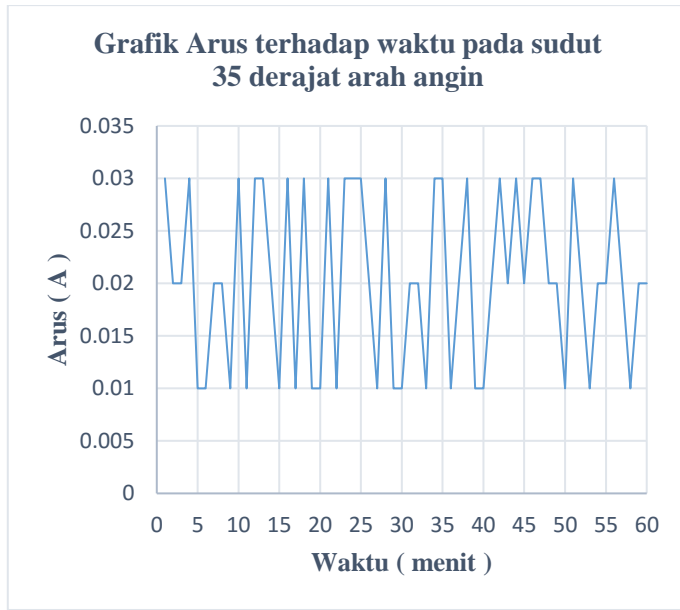


#### 4.3.12. Percobaan *Wind Belt* pada Posisi Sudut 35°



*Grafik 4. 23 Tegangan yang dihasilkan pada percobaan posisi sudut 35 derajat terhadap arah angin*

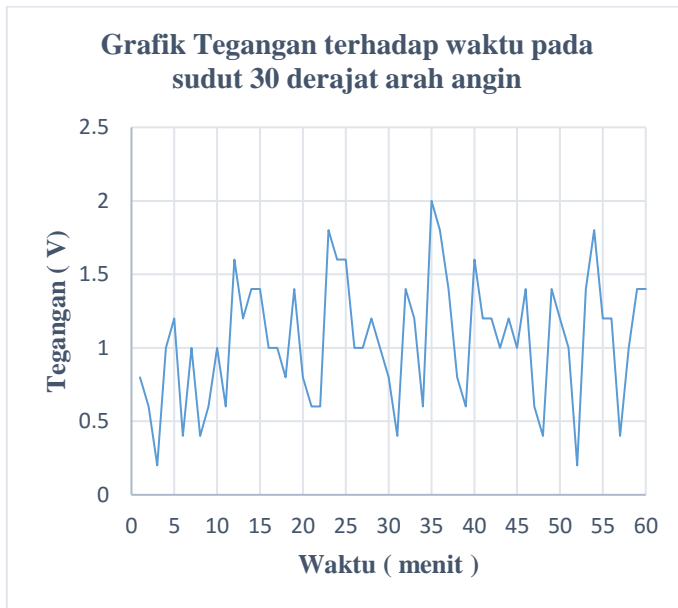
Percobaan pada posisi sudut 35 derajat didapatkan tegangan seperti pada grafik 4.23, dimana tegangan yang paling tinggi dapat diukur pada 1,8 volt dan tegangan terendah terukur pada 0,2 volt. Rata-rata tegangan yang diperoleh Selma pengukuran berkisar 1,1 volt.



*Grafik 4. 24 Arus yang dihasilkan pada percobaan posisi sudut 35 derajat terhadap arah angin*

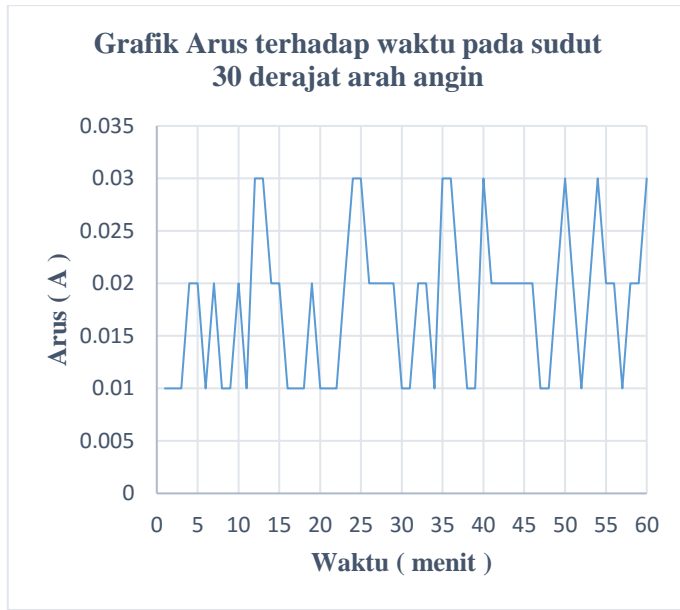
Dan Arus yang didapatkan pada percobaan ini dapat dilihat pada grafik 4.24. Arus tertinggi yang terukur senilai 0,03 A dan yang terendah senilai 0,01 A. untuk rata-rata arus yang didapatkan selama percobaan sebesar 0,02 A

#### 4.3.13. Percobaan *Wind Belt* pada Posisi Sudut 30°



*Grafik 4. 25 Tegangan yang dihasilkan pada percobaan posisi sudut 30 derajat terhadap arah angin*

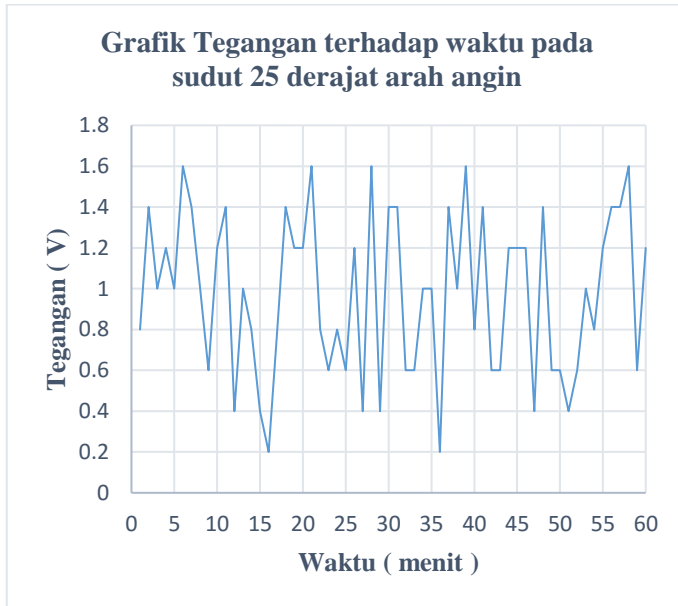
Untuk percobaan pada posisi sudut 30° didapatkan tegangan sebagaimana terlihat pada grafik 4.25, dimana tegangan tertinggi sebesar 1,8 volt dan tegangan terendah sebesar 0,2 volt. Rata-rata tegangan yang didapatkan selama percobaan sebesar 1,1 volt



*Grafik 4. 26 Arus yang dihasilkan pada percobaan posisi sudut 30 derajat terhadap arah angin*

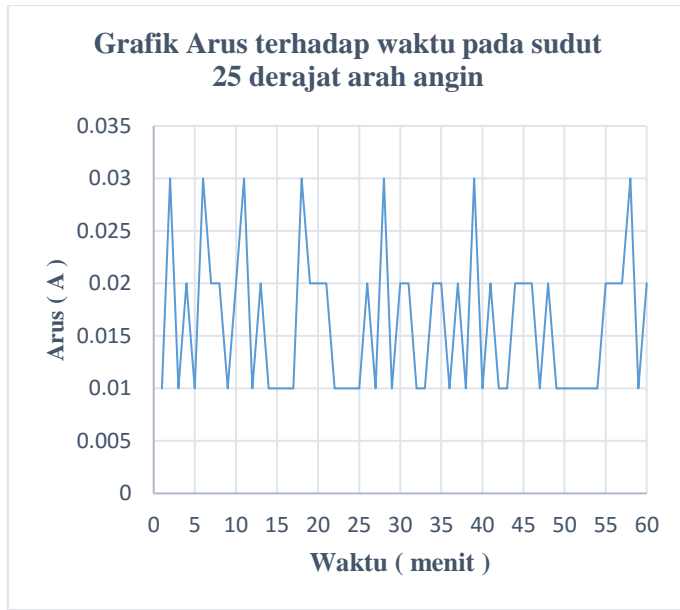
Sedangkan untuk data arus dapat dilihat pada grafik 4.26, dapat dilihat bahwa arus tertinggi yang terukur senilai 0,03A dan arus terendah 0,01 A dengan rata-rata arus yang terukur selama percobaan sebesar 0,02 A.

#### 4.3.14. Percobaan *Wind Belt* pada Posisi Sudut 25°



*Grafik 4. 27 Tegangan yang dihasilkan pada percobaan posisi sudut 25 derajat terhadap arah angin*

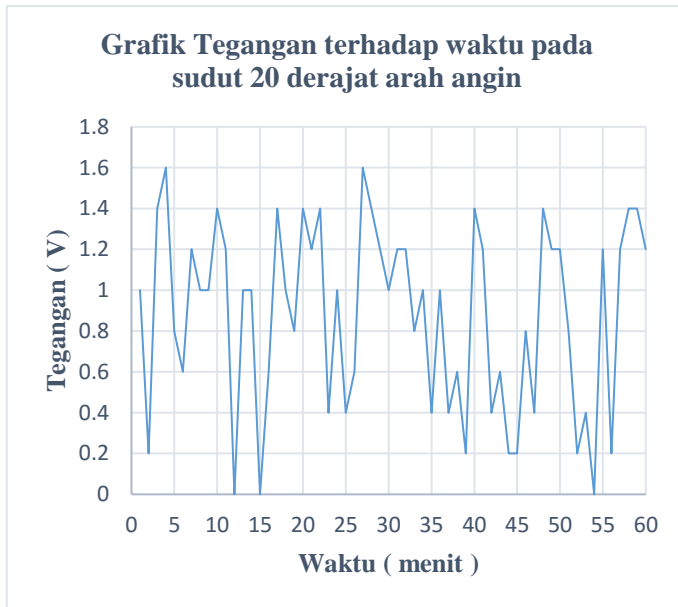
Pada percobaan posisi sudut datang 25° nilai tegangan yang terukur seperti pada grafik 4.27, dimana terlihat bahawa tegangan tertinggi yang didapatkan selama percobaan sebesar 1,6 volt dan tegangan terendahnya sebesar 0,2 volt.



*Grafik 4. 28 Arus yang dihasilkan pada percobaan posisi sudut 25 derajat terhadap arah angin*

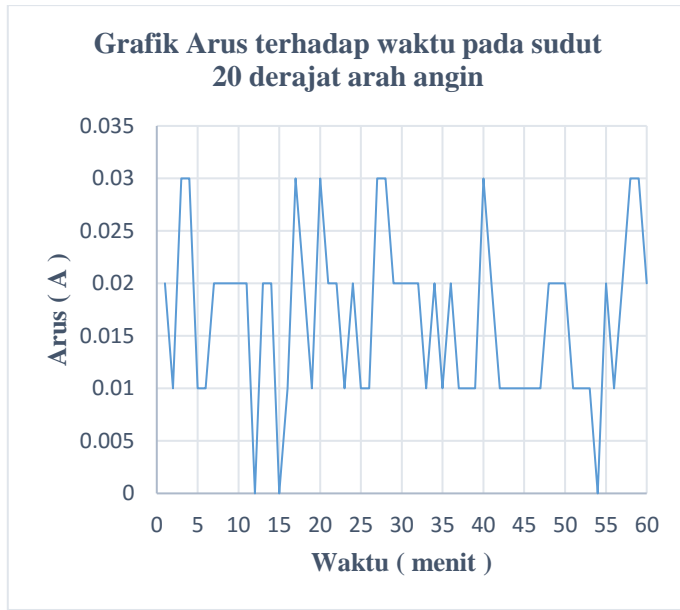
Untuk besarnya arus yang didapatkan dapat dilihat pada grafik 4.28, dapat dijelaskan bahwa pada percobaan ini didapatkan arus tertinggi sebesar 0,03 A dan arus terendah sebesar 0,01 A, dengan rata-rata nilai arus yang terukur sebesar 0,02

#### 4.3.15. Percobaan *Wind Belt* pada Posisi Sudut 20°



*Grafik 4. 29 Tegangan yang dihasilkan pada percobaan posisi sudut 20 derajat terhadap arah angin*

Data tegangan yang didapatkan pada percobaan sudut 20° terlihat pada grafik 4.29. pada grafik tersebut, tegangan tertinggi sebesar 1,6 volt dan tegangan terendah adalah 0 atau tegangan tidak ada. Hal ini dikarenakan tegangan yang dihasilkan wind belt tidak konstan sehingga pada saat tertentu tegangan akan tidak terukur sesaat kemudian tegangan akan naik kembali samapai pada tegangan tertinggi yaitu sebesar 1,6 volt. Rata - rata tegangan yang terbangkit selama percobaan yaitu 0,9 volt.



*Grafik 4. 30 Arus yang dihasilkan pada percobaan posisi sudut 20 derajat terhadap arah angin*

Untuk data arus dapat dilihat pada grafik 4.30. pada grafik tersebut terlihat bahwa arus tertinggi yang terukur sebesar 0,03 A dan yang terendah sama dengan nol atau tidak ada arus. Untuk rata-rata arus yang terukur selama percobaan adalah sebesar 0,02 A.

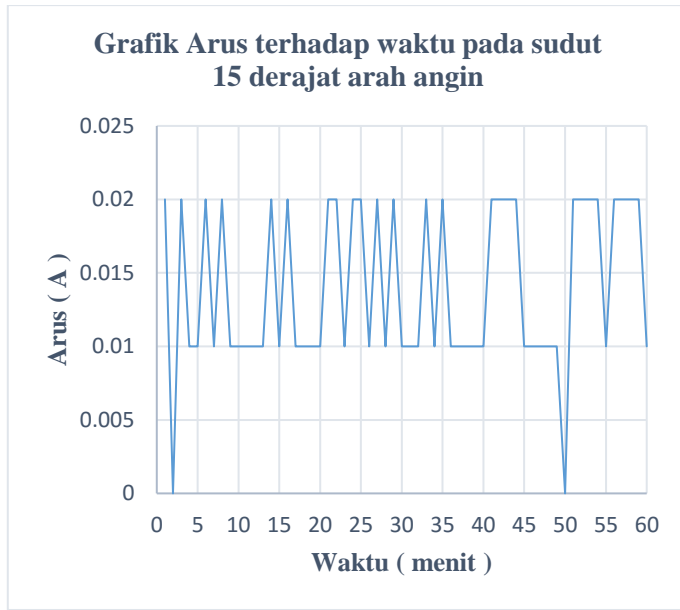


#### 4.3.16. Percobaan *Wind Belt* pada Posisi Sudut $15^\circ$



*Grafik 4. 31 Tegangan yang dihasilkan pada percobaan posisi sudut 15 derajat terhadap arah angin*

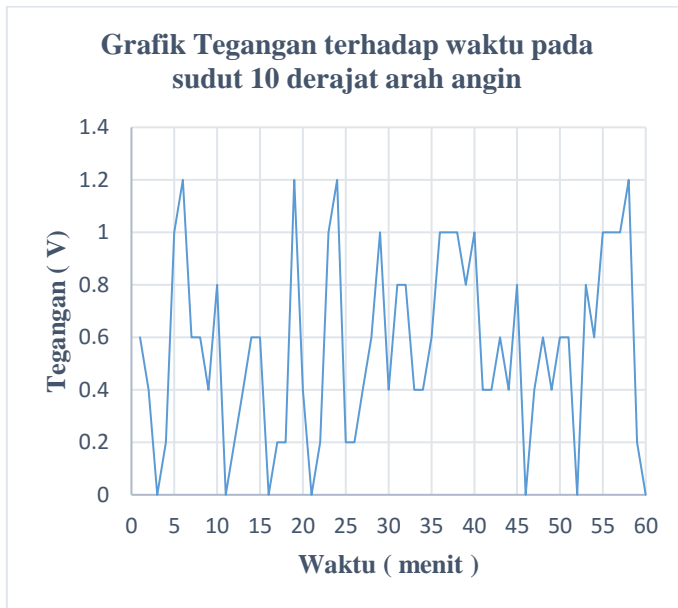
Percobaan yang dilakukan pada posisi sudut  $15^\circ$  didapatkan data tegangan seperti pada grafik 4.31, dimana tegangan tertinggi yang terukur senilai 1,2 volt dan tegangan terendah adalah nol. Rata - rata tegangan yang didapatkan selama percobaan sebesar 0,8 volt.



*Grafik 4. 32 Arus yang dihasilkan pada percobaan posisi sudut 15 derajat terhadap arah angin*

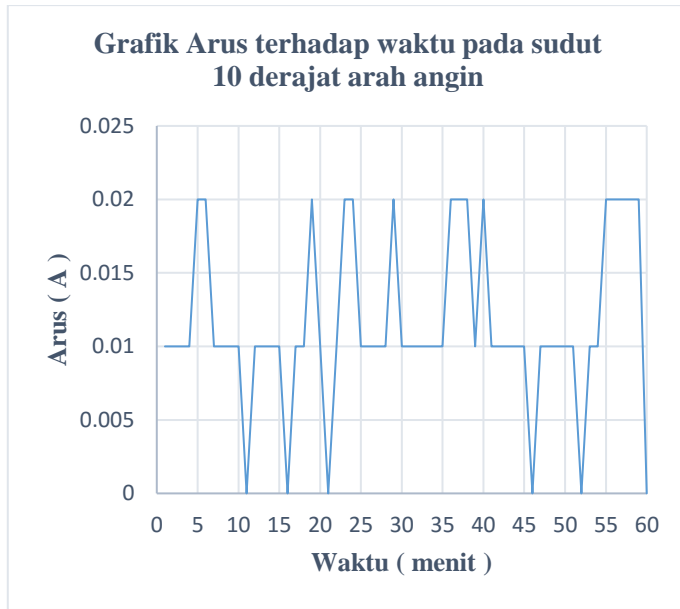
Sedangkan untuk data arusnya dapat dilihat pada grafik 4.32, dimana arus yang dihasilkan paling tinggi sebesar 0,02 A dan yang terendah adalah nol dengan rata – rata nilai arus yang didapatkan selama percobaan adalah 0,01 A.

#### 4.3.17. Percobaan *Wind Belt* pada Posisi Sudut 10°



*Grafik 4. 33 Tegangan yang dihasilkan pada percobaan posisi sudut 10 derajat terhadap arah angin*

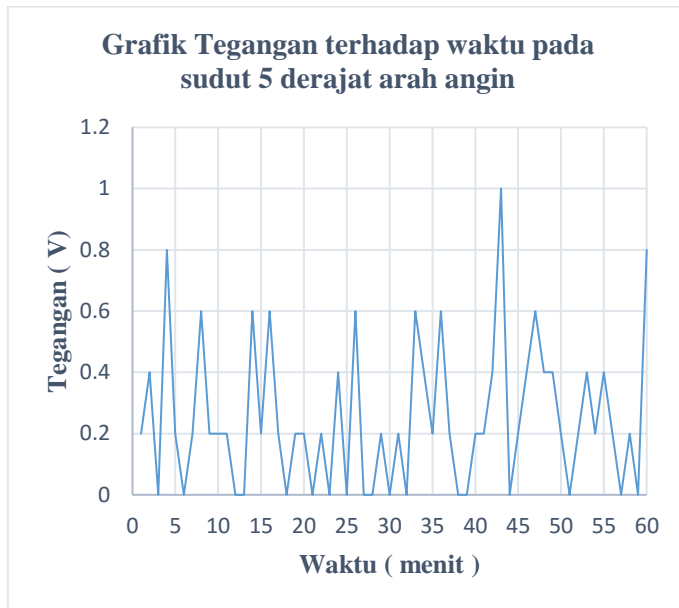
Pada percobaan posisi sudut 10° data yang didapatkan selama pengukuran semakin kecil. Karena posisi *face windbelt* hanya sedikit menghadap ke arah datang angin. Jumlah angin yang masuk pada luasan bidang *windbelt* akan mempengaruhi hasil percobaan kali ini dan juga percobaan selanjutnya.



*Grafik 4. 34 Arus yang dihasilkan pada percobaan posisi sudut 10 derajat terhadap arah angin*

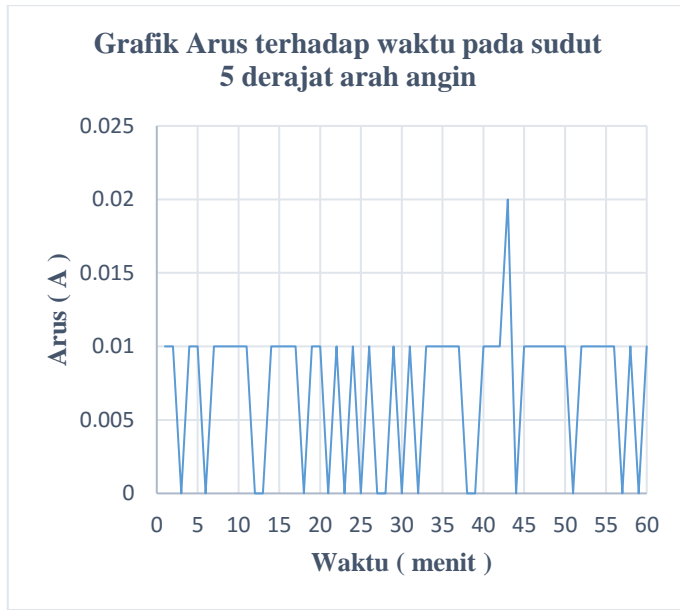
Data tegangan memang sangat kecil dibandingkan percobaan yang sebelumnya. Hal ini dapat dilihat pada grafik 4.33, dimana tegangan yang paling tinggi didapatkan sebesar 1,2 volt dan tegangan terendah adalah nol. Data tegangan rata-rata pada percobaan ini yaitu sebesar 0,6 volt. Sedangkan untuk data arus dapat dilihat pada grafik 4.34, dimana arus tertinggi sebesar 0,02 A dan arus terendahnya adalah nol dengan arus rata-rata sebesar 0,01 A

#### 4.3.18. Percobaan *Wind Belt* pada Posisi Sudut 5°



*Grafik 4. 35 Tegangan yang dihasilkan pada percobaan posisi sudut 5 derajat terhadap arah angin*

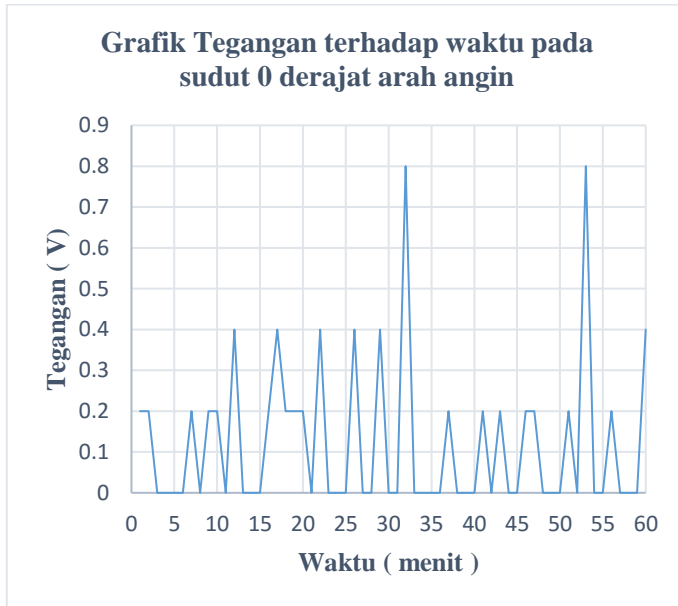
Percobaan *windbelt* pada posisi sudut 5° menghasilkan tegangan dan arus yang sangat kecil dibandingkan dengan percobaan - percobaan sebelumnya. Hal ini dapat terlihat dari grafik 4.35, dimana tegangan tertinggi yang dihasilkan hanya sebesar 1 volt dan tegangan yang terendah bernilai nol. Rata-rata tegangan yang dihasilkan yaitu 0,3 volt saja.



*Grafik 4. 36 Arus yang dihasilkan pada percobaan posisi sudut 5 derajat terhadap arah angin*

Dan untuk arus yang dapat dihasilkan pada percobaan sudut  $5^0$  yaitu rata-rata 0,01 A dengan nilai arus yang dihasilkan selama percobaan berlangsung yaitu 0,02 A untuk arus terbesar yang dapat dihasilkan dan arus terendahnya hanya terbaca nol ampere dari tang ampere.

#### 4.3.19. Percobaan *Wind Belt* pada Posisi Sudut $0^\circ$

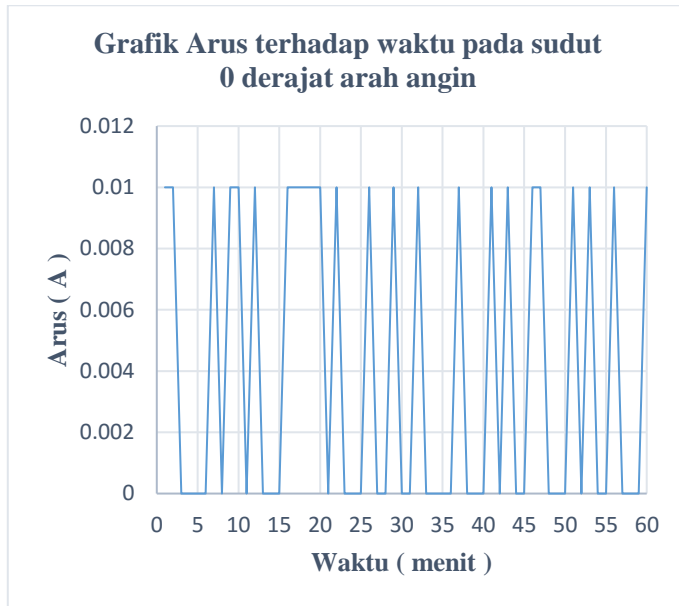


*Grafik 4. 37 Tegangan yang dihasilkan pada percobaan posisi sudut  $0$  derajat terhadap arah angin*

Pada percobaan terakhir yaitu pada sudut  $0^\circ$  , dengan hasil percobaan dapat dilihat pada grafik 4.37 dan 4.38. pada percobaan ini sangat mengherankan, karena pada posisi sudut ini, lihat gambar 4.1. masih dapat menghasilkan tegangan dan arus, meskipun tegangan dan arus yang dihasilkan terkadang ada dan hilang.

Pada grafik 4.37, memperlihatkan bahwa tegangan yang didapatkan yaitu 0,8 volt untuk tegangan tertinggi dan nol untuk tegangan terendah. Rata -

rata tegangan yang dapat diangkitkan sebesar 0,1 volt.



*Grafik 4. 38 Arus yang dihasilkan pada percobaan posisi sudut 0 derajat terhadap arah angin*

Sedangkan arus tertinggi yang didapatkan yaitu 0,01 dan arus terendah sama dengan nol terlihat pada grafik 4.38. dimana rata-rata arus yang didapatkan yaitu sama dengan 0 (arus tidak ada). Hal ini dikarenakan kibarannya hanya bersifat sesaat kemudian diam dan kembali lagi vibrasi.



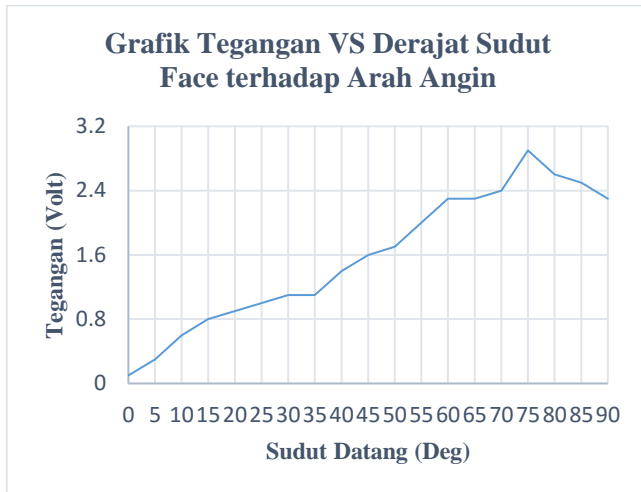
#### 4.3.20. Perbandingan Antara Sudut Arah Datang Angin Terhadap Tegangan dan Arus yang Dihasilkan *wind belt*

Sudut datang arah angin sangat mempengaruhi nilai tegangan dan arus yang dihasilkan. Tegangan dan arus mengalami penurunan yang sama ketika arah angin dihadapkan 90 derajat terhadap face windbelt dan dijauhkan sampai 0 derajat. Hal ini dapat dilihat pada grafik 4.39 dan 4.30

*Tabel 4. 2 perbandingan sudut datang arah angin dengan tegangan dan arus yang dihasilkan*

Derajat (°)	Rata-rata	
	Tegangan (V)	Arus (A)
0	0.1	0
5	0.3	0.01
10	0.6	0.01
15	0.8	0.01
20	0.9	0.02
25	1.0	0.02
30	1.1	0.02
35	1.1	0.02
40	1.4	0.02
45	1.6	0.02
50	1.7	0.04
55	2.0	0.04
60	2.3	0.05
65	2.3	0.05
70	2.4	0.05

75	2.9	0.05
80	2.6	0.05
85	2.5	0.05
90	2.3	0.05

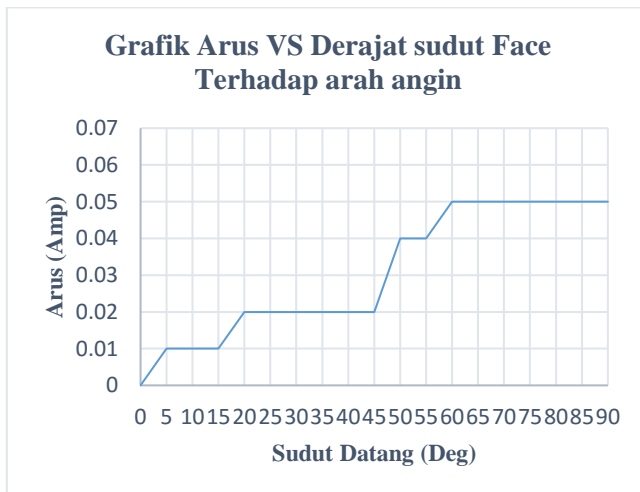


*Grafik 4. 39 perbandingan antara sudut datang arah angin dengan tegangan yang dihasilkan wind belt*

Grafik 4.39, merupakan rata-rata tegangan yang dihasilkan setiap sudut percobaan. Dari grafik terlihat tegangan yang dihasilkan *windbelt* perlahan lahan naik dari percobaan sudut  $0^\circ$  sampai  $75^\circ$ , kenaikannya sangat kecil sekitar 0,1-0,3. Karena dalam percobaan hanya menggunakan sebuah koil saja untuk menangkap pergerakan magnet. Maka kenaikan ini akan berarti bila tegangan yang dihasilkan lebih besar. Jadi diperlukan pemasangan

koil tambahan untuk mendapatkan tegangan yang lebih besar dari percobaan ini.

Sedangkan pada percobaan sudut  $75^\circ$  sampai  $90^\circ$ , tegangan yang dihasilkan semakin berkurang. Hal ini berarti pemasangan *windbelt* dengan posisi tegak lurus arah angin belum tentu akan mendapatkan tegangan yang tinggi. Akan tetapi dengan mengubah kemiringan *windbelt* (sudut) terhadap arah angin dapat mempengaruhi kinerja *windbelt* itu sendiri. Distribusi angin merata sepanjang pita akan mempengaruhi gaya angkat pita dan menghasilkan vibrasi yang frekuensinya besar. Sehingga gerakan magnet terhadap koil menjadi lebih cepat. Hal ini akan mempengaruhi kestabilan tegangan yang dihasilkan dan amplitudo osilasi akan mempengaruhi besar tegangan yang dihasilkan.



*Grafik 4. 40 perbandingan antara sudut datang arah angin dengan arus yang dihasilkan wind belt*

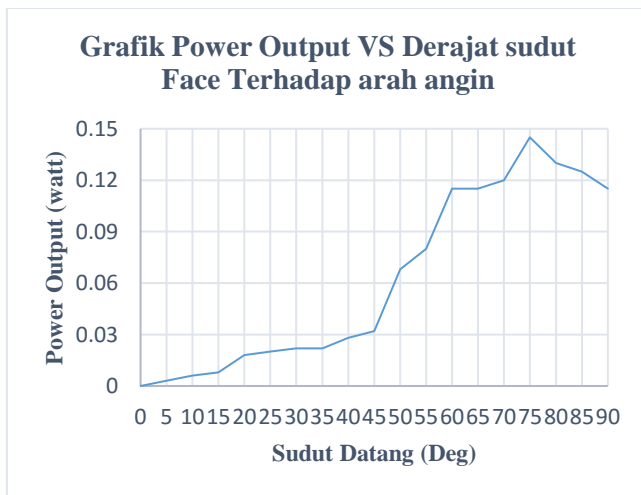
Pada grafik 4.40 merupakan rata-rata arus yang dihasilkan pada setiap sudut percobaan yang dilakukan. Arus rata-rata yang dihasilkan cenderung sama antara percobaan satu dengan yang lainnya pada sudut-sudut tertentu, dengan kenaikan yang sangat kecil.

#### 4.4 Perhitungan Daya *Wind Belt*

Daya wind belt dihitung berdasarkan rumus :

$$P = V.I \quad (\text{watt}) \dots\dots\dots (4.1)$$

Hasil perhitungan daya windbelt yaitu seperti tampak pada Grafik dibawah ini.



Grafik 4. 41 perbandingan antara sudut datang arah angin dengan power output yang dihasilkan wind belt

Daya listrik yang dihasilkan *windbelt* bertambah seiring dengan besarnya sudut datang terhadap posisi wind belt. Besarnya sudut menandakan besarnya aliran massa udara yang diterima bidang muka (*face*) *windbelt*

untuk kemudian dikonversikan menjadi gerakan *aeroelastic flutter* yang menggerakkan magnet keluar masuk kumparan dan selanjutnya akan diubah menjadi gaya gerak listrik yang memicu aliran arus listrik.

Pada grafik 4.41 daya yang terbesar adalah pada sudut datang  $75^0$  yaitu sebesar 0,145 watt atau sekitar 145 miliwatt. Secara teori seharusnya sudut datang  $90^0$  menghasilkan daya yang lebih besar dibandingkan pada sudut datang  $75^0$ . Karena bilamana luas bidang yang diterpa angin semakin besar maka akan menimbulkan gerakan osilasi yang besar pula. Hal ini dikarenakan pada sudut  $75^0$  memungkinkan gerakan osilasi pita untuk mengangkat magnet sehingga menggerakkan magnet keluar masuk kumparan sehingga menghasilkan daya yang besar.

#### 4.5 Perhitungan Daya Angin

Daya angin dengan kecepatan 10,3 m/s yang menerpa pita dengan dimesi panjang 600 mm dan lebar 20 mm, yaitu:

$$P = \frac{1}{2} \rho v^3 A$$

$$P = \frac{1}{2} \times 1,2 \text{ kgm}^{-3} \times (10,3 \text{ ms}^{-1})^3 \times (0,6 \text{ m} \times 0,02 \text{ m})$$

$$P = \frac{1}{2} \times 1,2 \text{ kgm}^{-3} \times 1092,727 \text{ ms}^{-1} \times 0,012 \text{ m}^2$$

$$P = 7,86 \text{ watt}$$

Daya angin sesungguhnya kira-kira  $\frac{1}{2}$  dari nilai daya diatas, sebab diameter kincir angin hanya 40 cm. [3]

maka daya angin yang menerpa pita adalah kira-kira 3,6 watt. Sehingga perhitungan efisiensinya adalah :

$$\eta = \frac{\text{Daya listrik}}{\text{Daya angin}} = \frac{145mW}{7860 mW} \times 100\% = 1,84\%$$

Nilai efisiensi ini termasuk sangat rendah, karena sebagian besar energi angin belum seluruhnya dikonversikan menjadi energi listrik. Untuk memaksimalkannya perlu ditambahkan kumparan pada bagian sisi atas. Karena pada percobaan ini hanya dipakai satu kumparan saja.

Dan untuk mendapatkan daya lebih besar lagi bisa ditambahkan dua kumparan lagi pada ujung sisi lainnya.

## LAMPIRAN

### 1. Tabel pengambilan data pada sudut $90^\circ$

$90^\circ$		
Waktu (m )	Tegangan (V)	Arus (A)
1	2.2	0.05
2	2.2	0.05
3	2.4	0.07
4	2.4	0.06
5	2.8	0.06
6	3	0.05
7	2.4	0.06
8	2.4	0.06
9	2.6	0.05
10	2.4	0.06
11	2.4	0.05
12	1.6	0.04
13	2.6	0.06
14	2.6	0.07
15	2.2	0.05
16	2.4	0.04
17	2	0.05
18	2.2	0.05
19	2	0.05
20	2.4	0.06
21	2.2	0.05
22	2.6	0.05

$90^\circ$		
Waktu (m )	Tegangan (V)	Arus (A)
23	2	0.05
24	2	0.05
25	2.2	0.06
26	2	0.06
27	2.2	0.05
28	2.4	0.05
29	2.4	0.07
30	2.2	0.05
31	2.6	0.04
32	2.4	0.04
33	2	0.04
34	2	0.04
35	2.2	0.04
36	2.2	0.06
37	2.4	0.04
38	2	0.04
39	2.4	0.05
40	2.6	0.05
41	2.4	0.06
42	2.8	0.05
43	2.6	0.03
44	2	0.04

90°		
Waktu (m )	Tegangan (V)	Arus (A)
45	2.2	0.04
46	2	0.03
47	2.2	0.05
48	2.6	0.06
49	2.2	0.04
50	2	0.05
51	2.6	0.06
52	2.4	0.05
53	2.2	0.06
54	2.8	0.07
55	1.8	0.06
56	2.4	0.05
57	1	0.05
58	2.2	0.05
59	2.6	0.06
60	2.4	0.04
<b>MEAN</b>	<b>2.3</b>	<b>0.05</b>



## 2. Tabel pengambilan data pada sudut 85°

85°		
Waktu (m)	Tegangan (V)	Arus (A)
1	2.2	0.05
2	2.2	0.06
3	3.2	0.05
4	2.6	0.06
5	2.6	0.06
6	3	0.06
7	3	0.07
8	3	0.05
9	2.6	0.07
10	2	0.06
11	2.2	0.05
12	2	0.04
13	2.2	0.04
14	2	0.07
15	2.6	0.03
16	2.4	0.04
17	2.4	0.06
18	2.2	0.06
19	2.4	0.05
20	2.4	0.05
21	2.4	0.05
22	2.4	0.06
23	3	0.07
24	2.6	0.06
25	2.6	0.05

85°		
Waktu (m)	Tegangan (V)	Arus (A)
26	2.4	0.05
27	2	0.05
28	2.6	0.06
29	3	0.03
30	2.4	0.04
31	2.4	0.03
32	2	0.04
33	2.6	0.06
34	2.8	0.06
35	3	0.05
36	2.8	0.06
37	2.4	0.04
38	2.2	0.04
39	2.6	0.06
40	2.2	0.04
41	2.4	0.04
42	2.4	0.05
43	2.4	0.05
44	2.8	0.04
45	2.2	0.05
46	2.6	0.06
47	2.6	0.05
48	2.4	0.06
49	2	0.04
50	2	0.05

85°		
Waktu (m)	Tegangan (V)	Arus (A)
51	2.4	0.05
52	2.4	0.06
53	2.4	0.04
54	2	0.04
55	3.2	0.07
56	2	0.04
57	2.4	0.04
58	2.8	0.05
59	2.8	0.04
60	2.4	0.04
<b>MEAN</b>	<b>2.5</b>	<b>0.05</b>

### 3. Tabel Pengambilan data pada sudut $80^{\circ}$

$80^{\circ}$		
Waktu (m)	Tegangan (V)	Arus (A)
1	3	0.03
2	3	0.06
3	3.4	0.05
4	3	0.03
5	2.8	0.05
6	2.4	0.04
7	3	0.06
8	2.4	0.05
9	2.8	0.04
10	2.4	0.03
11	3.4	0.07
12	2.4	0.05
13	2.4	0.03
14	2.4	0.04
15	2.4	0.05
16	3	0.05
17	2.4	0.04
18	3	0.03
19	2.8	0.06
20	2.6	0.04
21	3	0.04
22	2.4	0.04
23	2.6	0.04
24	2.8	0.06
25	2.4	0.05

$80^{\circ}$		
Waktu (m)	Tegangan (V)	Arus (A)
26	2.8	0.04
27	2.8	0.03
28	2.8	0.05
29	2.8	0.06
30	2.4	0.04
31	2.4	0.05
32	2.6	0.05
33	2.6	0.06
34	2.2	0.04
35	2.8	0.05
36	2.2	0.03
37	2.2	0.04
38	2.4	0.04
39	2.6	0.06
40	2.6	0.04
41	2.4	0.03
42	2.4	0.03
43	2.2	0.04
44	2.6	0.05
45	2.2	0.04
46	2.6	0.06
47	3	0.03
48	2.4	0.03
49	2.4	0.05
50	3	0.04

80°		
Waktu (m )	Tegangan (V)	Arus (A)
51	2.4	0.05
52	2.4	0.04
53	2.4	0.05
54	2.6	0.05
55	2.2	0.03
56	3.4	0.07
57	2.6	0.05
58	2.8	0.06
59	2.6	0.05
60	2.4	0.04
<b>MEAN</b>	<b>2.6</b>	<b>0.05</b>

#### 4. Tabel pengambilan data pada sudut $75^\circ$

$75^\circ$		
Waktu (m)	Tegangan (V)	Arus (A)
1	3.4	0.09
2	3.2	0.05
3	3.2	0.07
4	3.2	0.06
5	3	0.06
6	3.4	0.08
7	3.4	0.08
8	3.4	0.07
9	3	0.06
10	2.4	0.07
11	3.2	0.06
12	2.8	0.04
13	2.8	0.06
14	3	0.06
15	3	0.07
16	2.8	0.06
17	2.6	0.04
18	3	0.04
19	3	0.06
20	2.6	0.05
21	3.2	0.04
22	3	0.06
23	3	0.06
24	2.6	0.05
25	3	0.05

$75^\circ$		
Waktu (m)	Tegangan (V)	Arus (A)
26	2.8	0.05
27	2.6	0.04
28	3	0.05
29	2.6	0.04
30	3	0.06
31	3	0.05
32	3.2	0.05
33	2.6	0.04
34	2.8	0.06
35	2.4	0.05
36	2.8	0.03
37	3	0.04
38	2.8	0.05
39	3	0.05
40	2.4	0.05
41	2	0.05
42	3	0.06
43	2.8	0.06
44	2.6	0.03
45	2.8	0.05
46	3.2	0.04
47	3	0.05
48	3	0.05
49	3.2	0.06
50	2.8	0.06

75°		
Waktu (m )	Tegangan (V)	Arus (A)
51	3.2	0.05
52	3.2	0.07
53	3	0.06
54	2.6	0.04
55	2.8	0.04
56	3	0.03
57	2.8	0.03
58	2.4	0.05
59	3.2	0.05
60	3.2	0.05
<b>MEAN</b>	<b>2.9</b>	<b>0.05</b>

## 5. Tabel Pengambilan Data pada Sudut 70°

70°		
Waktu (m)	Tegangan (V)	Arus (A)
1	2.4	0.07
2	2.8	0.04
3	2.2	0.05
4	2.6	0.05
5	2.4	0.06
6	2.4	0.04
7	2.4	0.06
8	2	0.03
9	2.2	0.03
10	2.6	0.06
11	2.4	0.05
12	2	0.04
13	2.2	0.06
14	2.4	0.05
15	2.6	0.06
16	2.2	0.04
17	2.2	0.04
18	2.8	0.06
19	2.4	0.04
20	2.6	0.06
21	2.2	0.05
22	2.4	0.06
23	2.8	0.07
24	2.2	0.05
25	2.4	0.07

70°		
Waktu (m)	Tegangan (V)	Arus (A)
26	2.4	0.05
27	2.4	0.06
28	2.4	0.03
29	2.2	0.06
30	1.8	0.03
31	2.4	0.04
32	2	0.03
33	2.4	0.06
34	2.4	0.04
35	2.4	0.05
36	2.4	0.04
37	2.8	0.06
38	2.2	0.05
39	2.4	0.05
40	2.6	0.05
41	2.8	0.07
42	2.8	0.05
43	2.4	0.05
44	2.6	0.06
45	2.2	0.04
46	2.8	0.06
47	2	0.05
48	2.4	0.07
49	2	0.04
50	2.8	0.06

70°		
Waktu (m )	Tegangan (V)	Arus (A)
51	2.4	0.04
52	2.6	0.06
53	2.8	0.03
54	2.4	0.08
55	2.4	0.05
56	2.6	0.05
57	2.6	0.05
58	2.4	0.05
59	2.4	0.06
60	2.4	0.04
<b>MEAN</b>	<b>2.4</b>	<b>0.05</b>



## 6. Tabel Pengambilan Data pada Sudut 65°

65°		
Waktu (m)	Tegangan (V)	Arus (A)
1	2.4	0.05
2	2.4	0.05
3	2.6	0.06
4	2.2	0.06
5	1.4	0.01
6	2.6	0.06
7	3	0.04
8	2.2	0.05
9	2.4	0.02
10	1.2	0.02
11	3	0.07
12	2.2	0.04
13	2.6	0.06
14	2.8	0.07
15	3	0.05
16	3	0.05
17	2.6	0.03
18	1.6	0.04
19	2.4	0.04
20	2.4	0.05
21	2.4	0.06
22	2.2	0.04
23	2.6	0.04
24	2.4	0.07
25	1.4	0.01

65°		
Waktu (m)	Tegangan (V)	Arus (A)
26	2.6	0.05
27	2.8	0.05
28	2.4	0.05
29	2	0.06
30	2.4	0.07
31	2.2	0.05
32	1.6	0.02
33	2.8	0.02
34	0.6	0.01
35	2.4	0.05
36	2.2	0.04
37	1.4	0.02
38	2.4	0.06
39	2.4	0.05
40	2.6	0.05
41	2.4	0.06
42	2.2	0.07
43	1.4	0.03
44	2.4	0.07
45	2.6	0.05
46	2.4	0.05
47	2.6	0.06
48	1.6	0.04
49	2	0.07
50	3	0.06

65°		
Waktu (m )	Tegangan (V)	Arus (A)
51	1.2	0.03
52	2.8	0.06
53	2.4	0.05
54	1.4	0.02
55	2	0.06
56	2	0.03
57	2.6	0.06
58	2.6	0.05
59	2.4	0.06
60	2.6	0.05
MEAN	2.3	0.05

## 7. Tabel Pengambilan Data pada Sudut 60°

60°		
Waktu (m )	Tegangan (V)	Arus (A)
1	2.4	0.05
2	2.4	0.05
3	2.6	0.05
4	2.4	0.05
5	2.4	0.05
6	2.4	0.06
7	2.4	0.04
8	2.6	0.05
9	2.8	0.07
10	2.4	0.04
11	2.4	0.05
12	2.4	0.05
13	2.4	0.06
14	2.6	0.05
15	2.4	0.05
16	3	0.05
17	2.2	0.06
18	2.4	0.06
19	2.4	0.06
20	2	0.04
21	2.4	0.05
22	2.2	0.06
23	2.2	0.06
24	2.4	0.05
25	2.2	0.06

60°		
Waktu (m )	Tegangan (V)	Arus (A)
26	2.2	0.05
27	2.4	0.04
28	2.2	0.05
29	2.2	0.05
30	2.2	0.05
31	2.2	0.05
32	2.2	0.05
33	2.2	0.04
34	2.2	0.04
35	2.2	0.05
36	2.4	0.05
37	2.2	0.06
38	2.2	0.04
39	2.2	0.06
40	2.2	0.05
41	2.4	0.04
42	1.8	0.05
43	2.4	0.04
44	2.2	0.05
45	2.4	0.06
46	2.2	0.04
47	2.4	0.05
48	2.4	0.05
49	2.4	0.05
50	2.2	0.03

60°		
Waktu (m )	Tegangan (V)	Arus (A)
51	2.4	0.03
52	2.4	0.05
53	2.2	0.04
54	2.4	0.04
55	2.2	0.03
56	2.6	0.02
57	2.4	0.05
58	2.2	0.04
59	2.6	0.06
60	2.2	0.05
<b>MEAN</b>	<b>2.3</b>	<b>0.05</b>

# 8. Tabel Pengambilan Data pada Sudut 55°

55°		
Waktu (m)	Tegangan (V)	Arus (A)
1	3	0.05
2	2.2	0.04
3	2	0.02
4	2.4	0.05
5	2.4	0.05
6	1.8	0.04
7	1.8	0.03
8	2.4	0.05
9	2.4	0.04
10	0.8	0.01
11	2.2	0.04
12	2.4	0.04
13	2.4	0.03
14	1	0.01
15	1.4	0.03
16	2.4	0.05
17	2.2	0.03
18	2.2	0.03
19	1	0.02
20	2.2	0.04
21	2.2	0.03
22	1.4	0.02
23	2.4	0.03
24	2.2	0.03
25	2.4	0.03

55°		
Waktu (m)	Tegangan (V)	Arus (A)
26	2.2	0.03
27	2.4	0.04
28	2	0.03
29	1.6	0.03
30	1.4	0.02
31	2.6	0.05
32	2.2	0.03
33	2.4	0.04
34	1.6	0.03
35	2.2	0.04
36	2.4	0.04
37	0.8	0.02
38	2	0.05
39	2.2	0.04
40	2.4	0.04
41	2.4	0.05
42	2.4	0.05
43	2.2	0.04
44	1.8	0.03
45	2.2	0.04
46	1.4	0.02
47	2.2	0.04
48	1.4	0.03
49	1.2	0.02
50	1.6	0.04

55°		
Waktu (m )	Tegangan (V)	Arus (A)
51	1.8	0.03
52	1.6	0.04
53	1.6	0.03
54	1.6	0.02
55	1.4	0.02
56	1.8	0.04
57	1.8	0.04
58	2	0.04
59	2.6	0.06
60	2.2	0.05
<b>MEAN</b>	<b>2.0</b>	<b>0.04</b>

## 9. Tabel Pengambilan Data pada Sudut 50°

50°		
Waktu (m )	Tegangan (V)	Arus (A)
1	1.6	0.04
2	1.8	0.04
3	1.4	0.04
4	1.6	0.04
5	1.4	0.03
6	1.6	0.04
7	2	0.05
8	1.4	0.03
9	1.6	0.04
10	1.6	0.04
11	2.2	0.05
12	1.6	0.04
13	1.6	0.03
14	1.6	0.03
15	1.4	0.04
16	1.4	0.03
17	1.6	0.04
18	1.6	0.04
19	1.6	0.04
20	1.6	0.04
21	2	0.03
22	1.6	0.04
23	1.4	0.02
24	2	0.03
25	1.6	0.05

50°		
Waktu (m )	Tegangan (V)	Arus (A)
26	1.8	0.04
27	1.6	0.03
28	1.8	0.03
29	1.4	0.04
30	1.4	0.03
31	2	0.05
32	1.6	0.04
33	1.6	0.03
34	1.6	0.03
35	1.8	0.05
36	1.8	0.03
37	1.8	0.04
38	1.8	0.03
39	2	0.05
40	1.8	0.04
41	1.6	0.04
42	1.8	0.04
43	1.8	0.04
44	1.4	0.04
45	1.6	0.05
46	1.8	0.04
47	2	0.05
48	1.6	0.04
49	1.6	0.04
50	1.6	0.04

50°		
Waktu (m )	Tegangan (V)	Arus (A)
51	1.8	0.04
52	1.6	0.03
53	1.8	0.04
54	1.8	0.04
55	1.8	0.04
56	1.4	0.04
57	1.4	0.03
58	1.4	0.05
59	1.6	0.04
60	2	0.04
<b>MEAN</b>	<b>1.7</b>	<b>0.04</b>



# 10. Tabel Pengambilan Data pada Sudut 45°

45°		
Waktu (m)	Tegangan (V)	Arus (A)
1	1.6	0.02
2	1.8	0.02
3	1.4	0.02
4	1	0.02
5	1.2	0.02
6	1.8	0.02
7	1.4	0.02
8	1.8	0.02
9	1.6	0.02
10	1.4	0.03
11	0.8	0.01
12	1.4	0.02
13	2.2	0.03
14	1.8	0.02
15	2	0.03
16	2.2	0.02
17	2.2	0.04
18	1.6	0.01
19	1	0.02
20	1.6	0.03
21	1.4	0.03
22	1.4	0.02
23	1.4	0.02
24	2	0.02
25	1.2	0.02

45°		
Waktu (m)	Tegangan (V)	Arus (A)
26	2.2	0.04
27	1.2	0.02
28	1.8	0.03
29	1.6	0.02
30	1.8	0.04
31	1.6	0.03
32	1.6	0.02
33	1.4	0.02
34	1.2	0.01
35	1.6	0.03
36	1.4	0.01
37	0.8	0.01
38	2.2	0.02
39	1.2	0.01
40	1.6	0.02
41	1.6	0.02
42	1.2	0.01
43	2.2	0.03
44	2	0.03
45	1.6	0.02
46	1	0.01
47	1.8	0.02
48	2.2	0.03
49	1.2	0.02
50	1.8	0.02

<b>45°</b>		
<b>Waktu (m )</b>	<b>Tegangan (V)</b>	<b>Arus (A)</b>
51	1.4	0.01
52	1.4	0.02
53	1.6	0.03
54	1	0.02
55	1.4	0.02
56	1.8	0.03
57	2	0.04
58	1.4	0.03
59	2	0.04
60	1.6	0.03
<b>MEAN</b>	<b>1.6</b>	<b>0.02</b>

# 11. Tabel Pengambilan Data pada Sudut 40°

40°		
Waktu (m )	Tegangan (V)	Arus (A)
1	0.6	0.01
2	1.2	0.02
3	1.4	0.03
4	1.8	0.03
5	1.4	0.03
6	1.6	0.03
7	1.4	0.02
8	1.4	0.02
9	1	0.02
10	1.2	0.02
11	1.4	0.03
12	1.2	0.02
13	1.4	0.03
14	0.4	0.01
15	1.4	0.03
16	1	0.02
17	1.6	0.03
18	1	0.02
19	1.2	0.02
20	1.6	0.03
21	1.6	0.03
22	1.4	0.02
23	0.6	0.01
24	1.6	0.03
25	1	0.02

40°		
Waktu (m )	Tegangan (V)	Arus (A)
26	1.4	0.03
27	1.6	0.03
28	1.4	0.02
29	1	0.02
30	1.4	0.03
31	2	0.03
32	0.8	0.01
33	1.6	0.03
34	1.4	0.03
35	1.4	0.03
36	1.2	0.02
37	1.2	0.02
38	1	0.02
39	1.4	0.02
40	0.8	0.01
41	1.4	0.03
42	0.8	0.01
43	1	0.02
44	1.2	0.02
45	1.4	0.02
46	1	0.02
47	1.4	0.02
48	0.6	0.01
49	1.2	0.02
50	1.2	0.02

40°		
Waktu (m )	Tegangan (V)	Arus (A)
51	1.4	0.03
52	1.4	0.02
53	1.4	0.03
54	0.8	0.01
55	1.4	0.03
56	0.4	0.01
57	1.2	0.02
58	0.6	0.01
59	1	0.02
60	0.4	0.01
<b>MEAN</b>	<b>1.2</b>	<b>0.02</b>

## 12. Tabel Pengambilan Data pada Sudut 45°

35°		
Waktu (m )	Tegangan (V)	Arus (A)
1	1.4	0.03
2	1.4	0.02
3	1	0.02
4	1.4	0.03
5	0.6	0.01
6	0.6	0.01
7	1.2	0.02
8	1	0.02
9	0.4	0.01
10	1.8	0.03
11	0.4	0.01
12	1.4	0.03
13	1.4	0.03
14	1	0.02
15	0.8	0.01
16	1.4	0.03
17	0.4	0.01
18	1.4	0.03
19	0.8	0.01
20	0.4	0.01
21	1.4	0.03
22	0.4	0.01
23	1.6	0.03
24	1.6	0.03
25	2	0.03

35°		
Waktu (m )	Tegangan (V)	Arus (A)
26	1	0.02
27	0.8	0.01
28	1.4	0.03
29	0.6	0.01
30	0.8	0.01
31	1.4	0.02
32	1.2	0.02
33	0.4	0.01
34	1.6	0.03
35	1.6	0.03
36	0.4	0.01
37	1	0.02
38	1.6	0.03
39	0.8	0.01
40	0.4	0.01
41	1.4	0.02
42	1.4	0.03
43	1.2	0.02
44	1.6	0.03
45	1.4	0.02
46	1.6	0.03
47	1.6	0.03
48	1	0.02
49	1.2	0.02
50	0.2	0.01

<b>35°</b>		
<b>Waktu (m )</b>	<b>Tegangan (V)</b>	<b>Arus (A)</b>
51	1.4	0.03
52	1	0.02
53	0.8	0.01
54	1.4	0.02
55	1	0.02
56	1.6	0.03
57	1	0.02
58	0.8	0.01
59	1	0.02
60	1	0.02
<b>MEAN</b>	<b>1.1</b>	<b>0.02</b>

### 13. Tabel Pengambilan Data pada Sudut 30°

30°		
Waktu (m )	Tegangan (V)	Arus (A)
1	0.8	0.01
2	0.6	0.01
3	0.2	0.01
4	1	0.02
5	1.2	0.02
6	0.4	0.01
7	1	0.02
8	0.4	0.01
9	0.6	0.01
10	1	0.02
11	0.6	0.01
12	1.6	0.03
13	1.2	0.03
14	1.4	0.02
15	1.4	0.02
16	1	0.01
17	1	0.01
18	0.8	0.01
19	1.4	0.02
20	0.8	0.01
21	0.6	0.01
22	0.6	0.01
23	1.8	0.02
24	1.6	0.03
25	1.6	0.03

30°		
Waktu (m )	Tegangan (V)	Arus (A)
26	1	0.02
27	1	0.02
28	1.2	0.02
29	1	0.02
30	0.8	0.01
31	0.4	0.01
32	1.4	0.02
33	1.2	0.02
34	0.6	0.01
35	2	0.03
36	1.8	0.03
37	1.4	0.02
38	0.8	0.01
39	0.6	0.01
40	1.6	0.03
41	1.2	0.02
42	1.2	0.02
43	1	0.02
44	1.2	0.02
45	1	0.02
46	1.4	0.02
47	0.6	0.01
48	0.4	0.01
49	1.4	0.02
50	1.2	0.03

<b>30°</b>		
<b>Waktu (m )</b>	<b>Tegangan (V)</b>	<b>Arus (A)</b>
51	1	0.02
52	0.2	0.01
53	1.4	0.02
54	1.8	0.03
55	1.2	0.02
56	1.2	0.02
57	0.4	0.01
58	1	0.02
59	1.4	0.02
60	1.4	0.03
<b>MEAN</b>	<b>1.1</b>	<b>0.018</b>



#### 14. Tabel Pengambilan Data pada Sudut 25°

25°		
Waktu (m )	Tegangan (V)	Arus (A)
1	0.8	0.01
2	1.4	0.03
3	1	0.01
4	1.2	0.02
5	1	0.01
6	1.6	0.03
7	1.4	0.02
8	1	0.02
9	0.6	0.01
10	1.2	0.02
11	1.4	0.03
12	0.4	0.01
13	1	0.02
14	0.8	0.01
15	0.4	0.01
16	0.2	0.01
17	0.8	0.01
18	1.4	0.03
19	1.2	0.02
20	1.2	0.02
21	1.6	0.02
22	0.8	0.01
23	0.6	0.01
24	0.8	0.01
25	0.6	0.01

25°		
Waktu (m )	Tegangan (V)	Arus (A)
26	1.2	0.02
27	0.4	0.01
28	1.6	0.03
29	0.4	0.01
30	1.4	0.02
31	1.4	0.02
32	0.6	0.01
33	0.6	0.01
34	1	0.02
35	1	0.02
36	0.2	0.01
37	1.4	0.02
38	1	0.01
39	1.6	0.03
40	0.8	0.01
41	1.4	0.02
42	0.6	0.01
43	0.6	0.01
44	1.2	0.02
45	1.2	0.02
46	1.2	0.02
47	0.4	0.01
48	1.4	0.02
49	0.6	0.01
50	0.6	0.01

25°		
Waktu (m )	Tegangan (V)	Arus (A)
51	0.4	0.01
52	0.6	0.01
53	1	0.01
54	0.8	0.01
55	1.2	0.02
56	1.4	0.02
57	1.4	0.02
58	1.6	0.03
59	0.6	0.01
60	1.2	0.02
<b>MEAN</b>	<b>1.0</b>	<b>0.02</b>

### 15. Tabel Pengambilan Data pada Sudut 20°

20°		
Waktu (m )	Tegangan (V)	Arus (A)
1	1	0.02
2	0.2	0.01
3	1.4	0.03
4	1.6	0.03
5	0.8	0.01
6	0.6	0.01
7	1.2	0.02
8	1	0.02
9	1	0.02
10	1.4	0.02
11	1.2	0.02
12	0	0
13	1	0.02
14	1	0.02
15	0	0
16	0.6	0.01
17	1.4	0.03
18	1	0.02
19	0.8	0.01
20	1.4	0.03
21	1.2	0.02
22	1.4	0.02
23	0.4	0.01
24	1	0.02
25	0.4	0.01

20°		
Waktu (m )	Tegangan (V)	Arus (A)
26	0.6	0.01
27	1.6	0.03
28	1.4	0.03
29	1.2	0.02
30	1	0.02
31	1.2	0.02
32	1.2	0.02
33	0.8	0.01
34	1	0.02
35	0.4	0.01
36	1	0.02
37	0.4	0.01
38	0.6	0.01
39	0.2	0.01
40	1.4	0.03
41	1.2	0.02
42	0.4	0.01
43	0.6	0.01
44	0.2	0.01
45	0.2	0.01
46	0.8	0.01
47	0.4	0.01
48	1.4	0.02
49	1.2	0.02
50	1.2	0.02

20°		
Waktu (m )	Tegangan (V)	Arus (A)
51	0.8	0.01
52	0.2	0.01
53	0.4	0.01
54	0	0
55	1.2	0.02
56	0.2	0.01
57	1.2	0.02
58	1.4	0.03
59	1.4	0.03
60	1.2	0.02
<b>MEAN</b>	<b>0.9</b>	<b>0.02</b>

# 16. Tabel Pengambilan Data pada Sudut 15°

15°		
Waktu (m)	Tegangan (V)	Arus (A)
1	1.2	0.02
2	0	0
3	1.2	0.02
4	0.4	0.01
5	0.2	0.01
6	1.2	0.02
7	0.4	0.01
8	1	0.02
9	0.4	0.01
10	0.8	0.01
11	0.4	0.01
12	0.6	0.01
13	0.6	0.01
14	1.4	0.02
15	0.2	0.01
16	1.2	0.02
17	0.8	0.01
18	0.4	0.01
19	0.2	0.01
20	0.6	0.01
21	1.2	0.02
22	1.2	0.02
23	0.6	0.01
24	1	0.02
25	1.2	0.02

15°		
Waktu (m)	Tegangan (V)	Arus (A)
26	0.4	0.01
27	1	0.02
28	0.4	0.01
29	1	0.02
30	0.6	0.01
31	0.2	0.01
32	0.8	0.01
33	1	0.02
34	0.8	0.01
35	1	0.02
36	0.2	0.01
37	0.6	0.01
38	0.2	0.01
39	0.6	0.01
40	0.6	0.01
41	1.2	0.02
42	1.4	0.02
43	1.2	0.02
44	1.2	0.02
45	0.6	0.01
46	0.6	0.01
47	0.6	0.01
48	0.8	0.01
49	0.6	0.01
50	0	0

15°		
Waktu (m )	Tegangan (V)	Arus (A)
51	1	0.02
52	1.2	0.02
53	1	0.02
54	1.2	0.02
55	0.8	0.01
56	1	0.02
57	1	0.02
58	1.2	0.02
59	1	0.02
60	0.4	0.01
<b>MEAN</b>	<b>0.8</b>	<b>0.01</b>

### 17. Tabel Pengambilan Data pada Sudut $10^\circ$

$10^\circ$		
Waktu (m)	Tegangan (V)	Arus (A)
1	0.6	0.01
2	0.4	0.01
3	0	0.01
4	0.2	0.01
5	1	0.02
6	1.2	0.02
7	0.6	0.01
8	0.6	0.01
9	0.4	0.01
10	0.8	0.01
11	0	0
12	0.2	0.01
13	0.4	0.01
14	0.6	0.01
15	0.6	0.01
16	0	0
17	0.2	0.01
18	0.2	0.01
19	1.2	0.02
20	0.4	0.01
21	0	0
22	0.2	0.01
23	1	0.02
24	1.2	0.02
25	0.2	0.01

$10^\circ$		
Waktu (m)	Tegangan (V)	Arus (A)
26	0.2	0.01
27	0.4	0.01
28	0.6	0.01
29	1	0.02
30	0.4	0.01
31	0.8	0.01
32	0.8	0.01
33	0.4	0.01
34	0.4	0.01
35	0.6	0.01
36	1	0.02
37	1	0.02
38	1	0.02
39	0.8	0.01
40	1	0.02
41	0.4	0.01
42	0.4	0.01
43	0.6	0.01
44	0.4	0.01
45	0.8	0.01
46	0	0
47	0.4	0.01
48	0.6	0.01
49	0.4	0.01
50	0.6	0.01

<b>10°</b>		
<b>Waktu (m )</b>	<b>Tegangan (V)</b>	<b>Arus (A)</b>
51	0.6	0.01
52	0	0
53	0.8	0.01
54	0.6	0.01
55	1	0.02
56	1	0.02
57	1	0.02
58	1.2	0.02
59	0.2	0.02
60	0	0
<b>MEAN</b>	<b>0.6</b>	<b>0.01</b>



### 18. Tabel Pengambilan Data pada Sudut 5°

5°		
Waktu (m )	Tegangan (V)	Arus (A)
1	0.2	0.01
2	0.4	0.01
3	0	0
4	0.8	0.01
5	0.2	0.01
6	0	0
7	0.2	0.01
8	0.6	0.01
9	0.2	0.01
10	0.2	0.01
11	0.2	0.01
12	0	0
13	0	0
14	0.6	0.01
15	0.2	0.01
16	0.6	0.01
17	0.2	0.01
18	0	0
19	0.2	0.01
20	0.2	0.01
21	0	0
22	0.2	0.01
23	0	0
24	0.4	0.01
25	0	0

5°		
Waktu (m )	Tegangan (V)	Arus (A)
26	0.6	0.01
27	0	0
28	0	0
29	0.2	0.01
30	0	0
31	0.2	0.01
32	0	0
33	0.6	0.01
34	0.4	0.01
35	0.2	0.01
36	0.6	0.01
37	0.2	0.01
38	0	0
39	0	0
40	0.2	0.01
41	0.2	0.01
42	0.4	0.01
43	1	0.02
44	0	0
45	0.2	0.01
46	0.4	0.01
47	0.6	0.01
48	0.4	0.01
49	0.4	0.01
50	0.2	0.01

5°		
Waktu (m )	Tegangan (V)	Arus (A)
51	0	0
52	0.2	0.01
53	0.4	0.01
54	0.2	0.01
55	0.4	0.01
56	0.2	0.01
57	0	0
58	0.2	0.01
59	0	0
60	0.8	0.01
<b>MEAN</b>	<b>0.3</b>	<b>0.01</b>

### 19. Tabel Pengambilan Data pada Sudut 0°

0°		
Waktu (m)	Tegangan (V)	Arus (A)
1	0.2	0.01
2	0.2	0.01
3	0	0
4	0	0
5	0	0
6	0	0
7	0.2	0.01
8	0	0
9	0.2	0.01
10	0.2	0.01
11	0	0
12	0.4	0.01
13	0	0
14	0	0
15	0	0
16	0.2	0.01
17	0.4	0.01
18	0.2	0.01
19	0.2	0.01
20	0.2	0.01
21	0	0
22	0.4	0.01
23	0	0
24	0	0
25	0	0

0°		
Waktu (m)	Tegangan (V)	Arus (A)
26	0.4	0.01
27	0	0
28	0	0
29	0.4	0.01
30	0	0
31	0	0
32	0.8	0.01
33	0	0
34	0	0
35	0	0
36	0	0
37	0.2	0.01
38	0	0
39	0	0
40	0	0
41	0.2	0.01
42	0	0
43	0.2	0.01
44	0	0
45	0	0
46	0.2	0.01
47	0.2	0.01
48	0	0
49	0	0
50	0	0

0°		
Waktu (m )	Tegangan (V)	Arus (A)
51	0.2	0.01
52	0	0
53	0.8	0.01
54	0	0
55	0	0
56	0.2	0.01
57	0	0
58	0	0
59	0	0
60	0.4	0.01
<b>MEAN</b>	<b>0.1</b>	<b>0.00</b>

**20. Tabel rata-rata tegangan, arus dan daya yang dihasilkan *windbelt***

Derajat (°)	Rata-rata		Daya <i>Output</i> (watt)	Daya <i>Output</i> (mW)
	Tegangan (V)	Arus (A)		
0	0.1	0	0	0
5	0.3	0.01	0.003	3
10	0.6	0.01	0.006	6
15	0.8	0.01	0.008	8
20	0.9	0.02	0.018	18
25	1.0	0.02	0.02	20
30	1.1	0.02	0.022	22
35	1.1	0.02	0.022	22
40	1.4	0.02	0.028	28
45	1.6	0.02	0.032	32
50	1.7	0.04	0.068	68
55	2.0	0.04	0.08	80
60	2.3	0.05	0.115	115
65	2.3	0.05	0.115	115
70	2.4	0.05	0.12	120
75	2.9	0.05	0.145	145
80	2.6	0.05	0.13	130
85	2.5	0.05	0.125	125
90	2.3	0.05	0.115	115

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1. Kesimpulan**

Setelah melakukan percobaan dan pengamatan maka dapat diambil beberapa kesimpulan yaitu :

- Pemasangan windbelt yang baik pada percobaan ini adalah pada posisi sudut  $75^0$  terhadap arah datang angin.
- Windbelt bekerja dengan maksimal pada posisi sudut  $75^0$  dengan tegangan rata-rata yang dihasilkan pada percobaan ini sebesar 2,9 volt dan arus sebesar 0,05 A.
- Daya yang dihasilkan masih terlalu kecil untuk dipakai dalam skala besar.
- Performa wind belt masih kurang maksimal meskipun didapatkan sudut datang yang baik dalam mengkonversikan energi angin menjadi listrik.

#### **5.2. Saran**

- Sebaiknya dilakukan percobaan dengan lebar pita yang berbeda untuk mengetahui apakah pada sudut  $75^0$  wind belt tetap menghasilkan daya terbesar .
- Pemilihan material pita yang baik untuk bisa menggerakkan magnet
- Diperlukan percobaan yang sama dengan posisi wind belt secara vertikal.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Bagaskara, Surya. “*Analisa Pemanfaatan Turbin Angin Sebagai Penghasil Energi Listrik Alternative di Pulau Panggang Kepulauan Seribu*”.2011.Teknik Sistem Perkapalan.ITS Surabaya.
2. Balaguru, P., dkk.2013.*Low Cost Energy Production Using Wind Belt Technology*.International Journal of Engineering and Innovative Technology, ISSN:2277-3754
3. Hanin, wildan. “*Perancangan Turbin Angin Sebagai Bagian dari Sistem Pembangkit Listrik di Kapal*”.2008.Teknik Sistem Perkapalan.ITS Surabaya.
4. Ihda, Arif Prasetya. “*Perencanaan Kincir Angin Sebagai Pengisi Baterai pada Kapal Ikan 5 GT Berpenggerak Motor DC*”.2008.Teknik Sistem Perkapalan.ITS Surabaya.
5. Wiley, John,2008, “*Wind Power in Power System*”.British Library,England.

## BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Lamongan pada tanggal 19 mei 1989 dengan nama lengkap Zaenal Abidin yang merupakan anak terakhir dari tiga bersaudara dari pasangan Djuwariyah dan Musowir. Penulis telah menempuh pendidikan formal yakni di SDN Banyuurip dan MI-Islahul Ummah, SMPN 2 Karangbinangun Lamongan, SMAN 1 Karangbinangun Lamongan dan terakhir di ITS Surabaya mengambil jurusan Teknik Sistem Perkapalan. Penulis diterima di ITS melalui jalur SNMPTN pada tahun 2009 dan terdaftar dengan NRP 4209100102. Penulis aktif mengikuti kegiatan kepanitiaan dan berorganisasi selama menjalani pendidikan di ITS. Pada periode 2010-2011, penulis aktif sebagai staff kementrian Riset dan Teknologi BEM FTK-ITS dan staff Hubungan Kelembagaan JMMI-ITS. Dan pada periode 2011-2012, penulis mendapat amanah sebagai staff ahli di BEM-FTk dan Ketua Divisi Kekeluargaan Departemen Rumah Tangga JMMI-ITS serta Bendahara Umum di LDJ AL-Mi'raj. Penulis aktif sebagai anggota laboratorium 2011-2016 dan selama 3 tahun menjadi asisten praktikum listrik 1. Pada tahun 2016, penulis menyelesaikan studi Strata-1 di jurusan Teknik Sistem Perkapalan FTK-ITS dengan mengambil tugas akhir bidang *Marine Electrical and Automation System (MEAS)*. Email : [zaenalabidin701@gmail.com](mailto:zaenalabidin701@gmail.com)